EDITURA DIDACTICĂ ŞI PEDAGOGICĂ, BUCUREŞTI - 1987

Lei 16,50

BIOLOGIE MANUAL PENTRU CLASA A XI-a



MINISTERUL EDUCAŢIEI ŞI ÎNVĂŢĂMÎNTULUI

BIOLOGIE

Manual pentru clasa a XI-a

MINISTERUL EDUCAŢIEI ŞI ÎNVĂŢĂMÎNTULUI

Prof. univ. dr. **I. Teodorescu Exarcu**
Prof. gr. I **Ileana Ciuhat**
Prof. gr. I **Silvia Gherghescu**
Prof. gr. I **Maria Şoigan**

BIOLOGIE

ANATOMIA ŞI FIZIOLOGIA OMULUI

Manual pentru clasa a XI-a

Coordonator prof. univ. dr. I. Teodorescu Exarcu

EDITURA DIDACTICĂ ŞI PEDAGOGICĂ, BUCUREŞTI

Manualul a fost elaborat în anul 1982 pe baza programei şcolare aprobate cu nr. 37 200 de către Ministerul Educaţiei şi Învăţămîntului.

Control ştiinţific: prof. univ. dr. **M. Dragomirescu**
conf. univ. dr. **N. Diaconescu**

La realizarea manualului s-a ţinut seama şi de observaţiile unor cadre didactice din judeţele Argeş, Prahova, Teleorman şi Timiş.

Redactor: prof. gr. I **Victoria Hristu**
Tehnoredactor: **Ana Ţimpău**
Ilustraţii: **Violeta Berlescu** şi **Costel Dumitrescu**
Coperta: **Adrian Constantinescu**

INTRODUCERE

În cadrul ştiinţelor biologice, studiul fiinţei umane ocupă un loc deosebit de important, omul reprezentînd forma cea mai evoluată de organizare şi funcţionare a materiei vii. Studiul organismului uman se realizează în cadrul disciplinelor de anatomie şi fiziologie a omului.

Anatomia studiază organizarea structurilor organismului la diferite niveluri: macroscopic, microscopic şi molecular. Anatomia macroscopică se ocupă cu studiul şi relaţiile topografice ale diferitelor organe şi sisteme, histologia are ca domeniu de studiu structura celulelor şi ţesuturilor, iar citologia descrie organizarea structurală a celulelor şi a organitelor intracelulare. Acestor discipline morfologice li se adaugă embriologia care studiază principalele etape de dezvoltare a structurilor organismului uman.

Fiziologia se ocupă cu studiul funcţiilor diferitelor structuri anatomice (celule, ţesuturi, organe, sisteme) şi cu mecanismele de reglare a funcţiilor şi de integrare a lor, astfel încît organismul să constituie un tot unitar, în echilibru dinamic permanent cu mediul înconjurător. Disciplinele funcţionale derivate din trunchiul fiziologiei, şi anume histofiziologia, biochimia şi histochimia, genetica moleculară etc., au adus un număr imens de noi cunoştinţe care au contribuit la înţelegerea mai profundă a intimităţii proceselor care stau la baza diferitelor funcţii.

Anatomia şi fiziologia sînt studiate împreună, deoarece constituie o unitate dialectică, forma şi funcţia fiind caracteristicile fundamentale ale materiei vii, în permanentă interrelaţie şi intercondiţionare. Atît forma cît şi funcţia sînt produse ale procesului de dezvoltare şi transformare a materiei vii, fiind de neconceput existenţa uneia în lipsa celeilalte.

Cercetările de anatomie şi fiziologie comparată permit recunoaşterea cu uşurinţă a înrudirii strînse dintre organizarea structurală şi funcţională a organismului uman cu cele ale animalelor superioare, demonstrînd că omul reprezintă veriga superioară a unui lanţ complex de evoluţie a materiei vii. „Munca şi vorbirea articulată au constituit factorii esenţiali sub influenţa cărora s-a realizat saltul calitativ, care a făcut ca încetul cu încetul creierul maimuţei să se transforme în creier omenesc"(Engels).

Dezvoltarea structurală și mai ales funcțională a creierului uman a dus la un control și o integrare mai profunde ale tuturor funcțiilor, avînd ca rezultat, pe de o parte, o independență mai mare a organismului față de condițiile variabile ale mediului fizico-biologic printr-o stabilitate mai mare a unor constante biologice (homeostazie) și, pe de altă parte, o mai bună adaptare a organismului la condițiile mediului fizico-biologic și mai ales ale celui social, specific uman.

Cercetările de anatomie și fiziologie a sistemului nervos uman au permis o înțelegere mai bună a complexității activității nervoase superioare și au furnizat elemente utile pentru noile orientări în procesul de instruire și educație. Aceste cercetări, în afara importanței lor teoretice, au o valoare aplicativă pentru optimizarea activității productive umane și pentru organizarea pe baze științifice a muncii în diferitele sectoare de activitate.

Importanța acestor discipline explică și interesul partidului și statului nostru pentru cercetarea fundamentală și aplicativă în aceste domenii, cunoscută fiind preocuparea pentru introducerea conducerii științifice în toate domeniile de activitate.

CELULA

Celula este unitatea de bază structurală, funcțională și genetică a tuturor organismelor vii. Ea poate exista singură sau în grup, formînd țesuturi.

Forma celulelor. Inițial toate celulele au formă globulară, ulterior devin fusiforme, cilindrice, cubice, stelate etc., în raport cu rolul lor fiziologic.

Dimensiunile celulelor variază de la un țesut la altul; în medie sînt cuprinse între 20—30 microni.

— Analizați figura 1 și *rețineți* componentele fundamentale ale celulei: citoplasma, nucleul și membrana ! - RADU CORPORATION

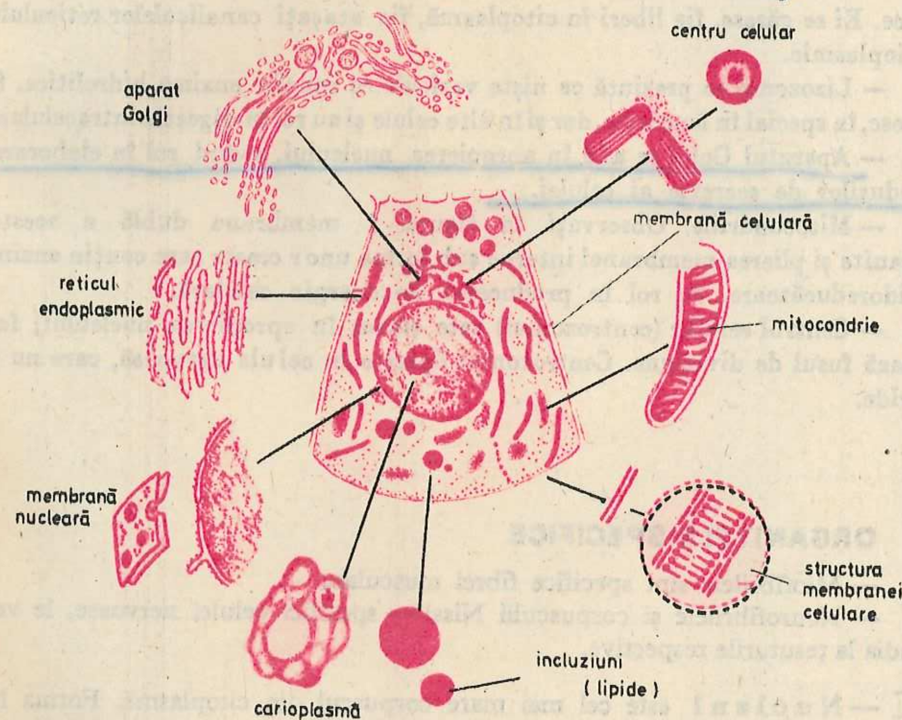


Fig. 1. Celula.

Elevii de la profilele cu mai mult de o oră pe săptămînă vor studia întreg manualul. Elevii care au o oră pe săptămînă vor studia numai textele barate.

I — **C i t o p l a s m a** este masa celulară care înconjură nucleul. Se prezintă ca un sistem coloidal, în care mediul de dispersie este apa iar faza dispersată, ansamblul de micele organice ce se găsesc în stare de mişcare browniană.

— Reamintiţi-vă compoziţia chimică a citoplasmei de la studiul biologiei vegetale din clasa a IX-a!

Din punct de vedere structural şi funcţional citoplasma este formată din două componente:

— citoplasma fundamentală, hialoplasma (partea nestructurată) şi

— formaţiunile diferenţiate, structurate, ale citoplasmei, reprezentate de *organite* (*comune* tuturor celulelor şi *specifice* anumitor celule) şi *incluziunile citoplasmatice*.

ORGANITELE COMUNE

— Reticulul endoplasmic — pe care îl observaţi în figura 1 — apare ca un sistem circulator intracitoplasmatic ce face legătura dintre exteriorul celulei şi nucleu.

— Ribozomii sînt formaţiuni sferice, cu rol în sinteza proteinelor specifice. Ei se găsesc, fie liberi în citoplasmă, fie ataşaţi canaliculelor reticulului endoplasmic.

— Lizozomii se prezintă ca nişte vezicule ce conţin enzime hidrolitice. Se găsesc, în special în leucocite, dar şi în alte celule şi au rol în digestia intracelulară.

— Aparatul Golgi se află în apropierea nucleului, avînd rol în elaborarea produşilor de secreţie ai celulei.

— Mitocondriile. Observaţi în figura 1 membrana dublă a acestor organite şi plierea membranei interne sub forma unor creste care conţin enzime oxidoreducătoare, cu rol în producerea de energie celulară.

— Centrul celular (centrozomul) este situat în apropierea nucleului; formează fusul de diviziune. Centrozomul lipseşte în celula nervoasă, care nu se divide.

ORGANITELE SPECIFICE

— Miofibrilele sînt specifice fibrei musculare.

— Neurofibrilele şi corpusculii Nissl — specifici celulei nervoase, le veţi studia la ţesuturile respective.

II — **N u c l e u l** este cel mai mare corpuscul din citoplasmă. Forma lui corespunde, în general, formei celulei în care se găseşte. Majoritatea celulelor sînt uninucleate; există şi celule binucleate (celulele hepatice), polinucleate (fibra musculară striată) sau anucleate (hematia adultă). Din punct de vedere structural nucleul este alcătuit dintr-un înveliş extern sau membrana nucleară dublă şi din carioplasmă. Carioplasma (citoplasma nucleară) apare electronomicroscopic ca o reţea de filamente subţiri, formate din granulaţii fine de cromatină (o nucleoproteină) care conţin ADN şi din care, la începutul diviziunii, se formează cromozomii. Nucleul conţine unul sau mai mulţi nucleoli.

III — **M e m b r a n a c e l u l a r ă** se formează prin diferenţierea citoplasmei, la periferia celulei. Are o structură trilaminată; straturile extern şi intern sînt protidice, iar cel mijlociu, fosfolipidic. Membrana intervine în schimburile dintre celule şi mediul extern al acestora; are permeabilitate selectivă şi este polarizată electric.

Temă

— Precizaţi particularităţile diviziunii ecvaţionale şi reducţionale, reamintindu-vă cunoştinţele din clasa a IX-a!

ȚESUTURILE

Toate celulele care intră în alcătuirea corpului omenesc provin, prin segmentare, din celula-ou. Treptat are loc o diferențiere celulară care duce la formarea țesuturilor.

Țesutul este format dintr-o grupare de celule care prezintă aceeași diferențiere morfologică, structurală și aceeași specializare funcțională.

Principalele tipuri de țesuturi sînt: epitelial, conjunctiv, muscular și nervos.

ȚESUTUL EPITELIAL

Țesutul epitelial formează la suprafața corpului epiderma și căptușește suprafața internă a organelor cavitare (tub digestiv, căi respiratorii etc.), constituind mucoase. Este format din celule pavimentoase, cubice, prismatice sau cilindrice, strîns legate între ele, fie prin punți citoplasmatice ce trec de la o celulă la alta, fie printr-o substanță amorfă care le cimentează. Celulele profunde sînt așezate pe o membrană bazală, care le separă de țesutul conjunctiv ce se găsește sub cel epitelial și care are funcție trofică, întrucît epiteliile nu sînt vascularizate și se hrănesc prin difuziune.

După funcție, epiteliile sînt clasificate în: epitelii de acoperire, glandulare și senzoriale.

1. Epiteliile de acoperire

— Analizînd cu atenție figura 2, veți observa epiteliile unistratificate și pluristratificate.

a. *Epiteliile unistratificate*, după forma celulelor, se pot clasifica în:

— *pavimentoase simple*, care formează tunica internă a vaselor sangvine, pleurei, pericardului, peritoneului;

— *cubice simple*, întîlnite în bronhiole și canalele de secreție ale glandelor;

— *cilindrice simple*, formînd epiteliul mucoasei tubului digestiv de la stomac la rect și al mucoasei trompelor uterine. Celulele acestor epitelii pot prezenta cili sau microvili, acoperiți de o membrană celulară, formînd „marginea în perie" sau un platou striat, cu rol de epiteliu absorbant (vilozitățile intestinale).

b. *Epiteliile pluristratificate* pot fi:

— *pavimentoase stratificate*, avînd celulele din stratul superficial turtite, cheratinizate (epiderma) sau necheratinizate (epiteliul mucoasei bucale, esofagiene);

— *cilindrice stratificate*, formate din mai multe straturi celulare, dar numai cele superficiale sînt cilindrice (canalele excretoare ale glandelor salivare, epiteliul ureterelor și vezicii urinare);

— *pseudostratificate* — cu celulele așezate pe membrana bazală într-un singur strat, dar cu nucleii situați la înălțimi diferite, ceea ce dă aparență de falsă stratificare (epiteliul traheal, al bronhiilor mari).

2. Epiteliile glandulare

Aceste tipuri de epitelii sînt formate din celule care au capacitatea de a elabora produși de secreție. Epiteliile secretoare se asociază cu țesut conjunctiv, vase și nervi, formînd glande. Există trei tipuri de glande:

— *exocrine* — produsul lor de secreție este eliminat printr-un canal la suprafața pielii (sebacee, sudoripare) sau în diferite cavități (salivare, gastrice);

— *endocrine* sau cu secreție internă — produsul lor de secreție — hormonul — este eliminat direct în sînge (tiroidă, suprarenale etc.);

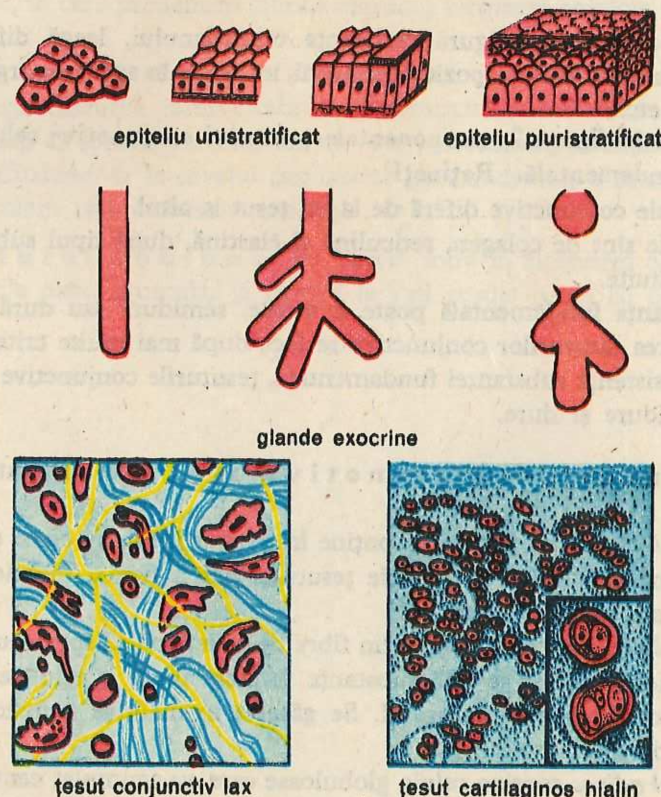


Fig. 2. Tipuri de țesuturi.

RUFUS DESCOMPUS

— *mixte* — care au secreție exocrină și endocrină (pancreas, testicul, ovar).

— Observînd figura 2, rețineți:

— forma glandelor exocrine

— existența unui canal excretor, în timp ce glandele endocrine care nu au canal excretor sînt formate din foliculi sau cordoane celulare înconjurate de capilare sangvine.

3. Epiteliile senzoriale

Epiteliile senzoriale sînt alcătuite din celule specializate pentru recepționarea diferiților stimuli din mediul extern sau intern. Excitațiile sînt transformate în influx nervos, care este transmis prin terminații nervoase senzitive ce înconjură polul bazal al celulelor senzoriale.

Veți studia, la capitolele corespunzătoare, — epiteliul senzorial olfactiv, auditiv, vestibular și mugurii gustativi.

ȚESUTUL CONJUNCTIV

Țesutul conjunctiv asigură rezistența organismului, leagă diferite părți ale organelor, are rol trofic depozitînd grăsimi, intervine în apărarea organismului, în fagocitoză etc.

— Observați în figura 2, componentele țesutului conjunctiv; celule, fibre și substanță fundamentală. Rețineți!

— Celulele conjunctive diferă de la un țesut la altul.

— Fibrele sînt de colagen, reticulină și elastină, după tipul substanței din care sînt alcătuite.

— Substanța fundamentală poate fi moale, semidură sau dură.

Clasificarea țesuturilor conjunctive se face după mai multe criterii. Ținînd seama de consistența substanței fundamentale, țesuturile conjunctive se clasifică în: moi, semidure și dure.

a. Țesuturile conjunctive moi sînt prezente sub mai multe forme:

— *țesutul conjunctiv lax*, care conține în proporții relativ egale celule, substanță fundamentală și fibre. Celulele țesutului pot fi fixe și mobile. Însoțește alte țesuturi; are funcție trofică;

— *țesutul reticulat* este format din fibre de reticulină, dispuse sub formă de rețea, în ochiurile căreia se află substanța fundamentală și celulele de origine ale elementelor figurate ale sîngelui. Se găsește în măduva hematogenă, ganglionii limfatici;

— *țesutul adipos* conține celule globuloase care au acumulat central grăsime ce împinge nucleul la periferie. Se găsește sub tegument (hipodermul) și în jurul unor organe (rinichi, globi oculari);

— *țesutul fibros* conține predominant fibre colagene și elastice, puține celule și substanță fundamentală. Intră în structura fasciilor care învelesc mușchii, a tendoanelor și aponevrozelor, formează capsulele diferitelor organe (ficat, rinichi etc.);

— *țesutul elastic* conține numeroase fibre de elastină, anastomozate în rețele, printre care se află substanța fundamentală și puține celule. Formează tunica medie a arterelor mari și venelor.

b. Țesutul conjunctiv semidur (cartilaginos) este un țesut elastic dar și rezistent. Substanța fundamentală conține condrină, un amestec de substanțe organice impregnate cu săruri de calciu și sodiu. Celulele cartilaginoase — condrocite — sînt sferice sau ovoide, se găsesc în substanța fundamentală în niște cavități numite condroplaste, iar printre celule se găsesc fibre colagene și elastice într-o împletitură densă.

În funcție de cantitatea de substanță fundamentală și de tipul fibrelor care predomină, se disting trei varietăți de cartilaje:

— *hialin*, în care substanța fundamentală pare omogenă, deoarece fibrele care se găsesc în ea sînt foarte fine. Formează cartilajele articulare, costale, laringeale, traheale, bronșice;

— *elastic*, în care predomină fibrele elastice; formează epiglota și pavilionul urechii;

— *fibros*, în care predominante sînt fibrele de colagen.

Alcătuiește discurile intervertebrale și meniscurile articulare.

— Rețineți că țesutul cartilaginos nu este vascularizat, nutriția lui se realizează prin difuziune de la nivelul capilarelor pericondrului, o membrană conjunctivo-vasculară care îmbracă cartilajul.

c. Țesutul conjunctiv dur intră în alcătuirea oaselor.

Țesuturile osos, muscular și nervos le veți studia odată cu organele respective.

SISTEMUL NERVOS

Sistemul nervos recepționează, transmite și integrează informațiile din mediul extern și intern, pe baza cărora elaborează răspunsuri adecvate, motorii și secretorii. Prin funcția reflexă, care stă la baza activității sale, sistemul nervos contribuie la realizarea unității funcționale a organismului și a echilibrului dinamic dintre organism și mediul înconjurător.

Sistemul nervos, unitar ca structură și funcție, este subîmpărțit în:

— *sistemul nervos al vieții de relație* (somatic), care asigură echilibrul organismului cu condițiile variabile ale mediului;

— *sistemul nervos al vieții vegetative*, care reglează permanent activitatea organelor interne.

***Țesutul nervos* este alcătuit din peste 10 miliarde de *neuroni*, celule diferențiate specific, care generează și conduc impulsurile nervoase, și *celule gliale* care formează un țesut de suport sau interstițial al sistemului nervos.**

NEURONUL

N e u r o n u l, unitatea morfofuncțională a sistemului nervos, este o celulă de formă stelată, piramidală, rotundă, ovalară, avînd una, două sau mai multe prelungiri: neuroni unipolari, pseudounipolari, bipolari și multipolari (fig. 3).

— Observați în figura 4 componentele neuronului: corpul celular și prelungirile acestuia.

1. *Corpul celular* formează substanța cenușie din nevrax și ganglionii somatici și vegetativi extranevraxiali. Observați și sesizați în figura 4 că este delimitat de o membrană lipoproteică, *neurilema*, are citoplasmă — *neuroplasmă*, ce conține organite citoplasmatice și un *nucleu*, obișnuit central, cu unul sau mai mulți nucleoli. Unele organite celulare (mitocondrii, complex Golgi, reticul endoplasmic, lizozomi) sînt prezente și în alte celule, iar altele sînt specifice neuronului — corpusculii Nissl și neurofibrilele. *Corpusculii*

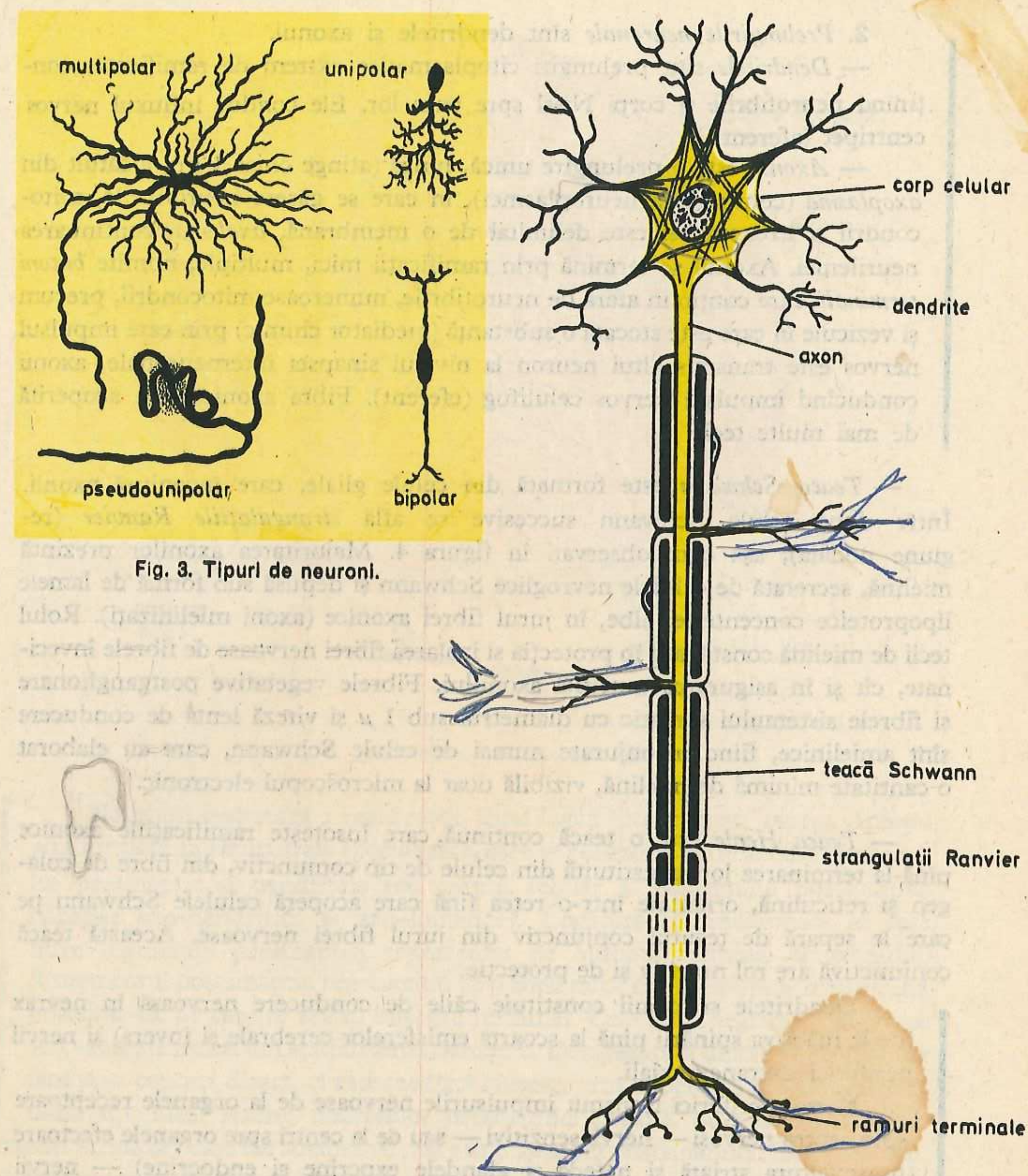


Fig. 3. Tipuri de neuroni.

Fig. 4. Componentele neuronului.

Nissl (corpii tigroizi) sînt constituiți din mase dense de reticul endoplasmic rugos, organite la nivelul cărora au loc sintezele proteice neuronale. *Neurofibrilele* apar ca o rețea omogenă de fibre care traversează întreaga citoplasmă; au rol în transportul substanțelor și de susținere.

2. *Prelungirile neuronale* sînt dendritele și axonul.

— *Dendritele* sînt prelungiri citoplasmatice extrem de ramificate, conținînd neurofibrile și corpi Nissl spre baza lor. Ele conduc influxul nervos centripet (aferent).

— *Axonul* este o prelungire unică, lungă (atinge chiar 1 m), alcătuit din *axoplasmă* (continuarea neuroplasmei), în care se găsesc neurofibrile, mitocondrii și lizozomi, și este delimitat de o membrană, *axolema*, continuarea neurilemei. Axonul se termină prin ramificații mici, multiple, numite *butoni terminali*, care conțin, în afară de neurofibrile, numeroase mitocondrii, precum și vezicule în care este stocată o substanță (mediator chimic) prin care impulsul nervos este transmis altui neuron la nivelul sinapsei interneuronale, axonii conducînd impulsul nervos celulifug (eferent). Fibra axonică este acoperită de mai multe teci:

— *Teaca Schwann* este formată din celule gliale, care înconjură axonii. Între două celule Schwann succesive se află *strangulațiile Ranvier* (regiune nodală), așa cum observați în figura 4. Majoritatea axonilor prezintă mielină, secretată de celulele nevroglice Schwann și depusă sub formă de lamele lipoproteice concentrice, albe, în jurul fibrei axonice (axoni mielinizați). Rolul tecii de mielină constă, atît în protecția și izolarea fibrei nervoase de fibrele învecinate, cît și în asigurarea nutriției axonului. Fibrele vegetative postganglionare și fibrele sistemului somatic cu diametrul sub 1 μ și viteză lentă de conducere sînt amielinice, fiind înconjurate numai de celule Schwann, care au elaborat o cantitate minimă de mielină, vizibilă doar la microscopul electronic.

— *Teaca Henle* este o teacă continuă, care însoțește ramificațiile axonice pînă la terminarea lor, constituită din celule de tip conjunctiv, din fibre de colagen și reticulină, orientate într-o rețea fină care acoperă celulele Schwann pe care le separă de țesutul conjunctiv din jurul fibrei nervoase. Această teacă conjunctivă are rol nutritiv și de protecție.

Dendritele și axonii constituie căile de conducere nervoasă în nevrax (de la măduva spinării pînă la scoarța emisferelor cerebrale și invers) și nervii periferici extranevraxiali.

Nervii periferici transmit impulsurile nervoase de la organele receptoare spre centrii nervoși — nervii senzitivi — sau de la centri spre organele efectoare (musculatura striată și netedă și glandele exocrine și endocrine) — nervii motori și secretori. Cei mai mulți nervi periferici sînt micști, conținînd atît fibre senzitive cît și motoare. Fibrele nervoase care intră în constituția nervilor se grupează în fascicule reunite prin țesut conjunctiv. Nervul este învelit periferic de țesut conjunctiv — *epinerv* — care trimite prelungiri în interiorul nervilor ce separă fasciculele de fibre nervoase, *perinerv* (fig. 5), cu rol de izolant și de sistem de transport pentru lichidele interstițiale din vecinătatea fibrelor nervoase. Din perinerv se desprind formațiuni conjunctive care pătrund în fascicule, solidarizînd fibrele între ele și alcătuind *endonervul*. În țesutul conjunctiv al nervului se găsesc vasele nutritive ale nervului și fibre nervoase vegetative.

TOBIAS EMBRION

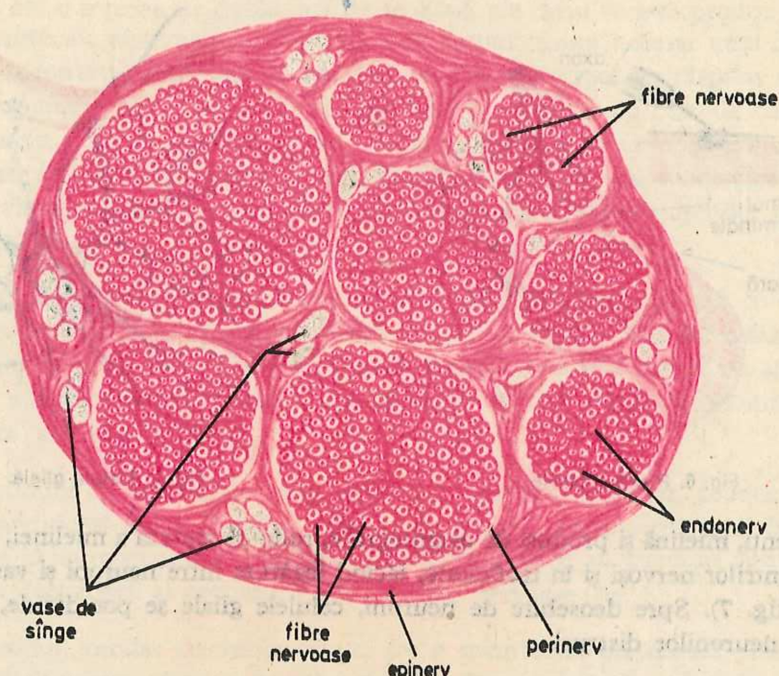


Fig. 5. Secțiune transversală prin nerv.

Neuronii realizează o vastă rețea, fiind legați între ei prin *sinapse*. Acestea sînt formațiuni structurale specializate, care se realizează între axonul neuronului presinaptic și dendritele sau corpul celular al neuronului postsinaptic (sinapse axo-dendritice și axo-somatice). Legătura interneuronală se face între segmentul presinaptic, reprezentat de butonul terminal al axonului, și segmentul postsinaptic reprezentat de o zonă mică din membrana neuronului postsinaptic pe care se aplică butonul terminal. Cele două segmente sinaptice sînt separate printr-un spațiu (fantă) sinaptic. Deci, legătura dintre neuroni nu se face prin contact direct, ci este mediată chimic, prin eliberarea mediatorului în fanta sinaptică. Axonii neuronilor presinaptici posedă, obișnuit, mai multe ramuri terminale care fac sinapsă cu mai mulți neuroni postsinaptici. La rîndul său, fiecare neuron postsinaptic primește un număr mare de informații, prin sinapse, uneori de ordinul miilor.

Transmiterea impulsului nervos de la terminațiile nervoase motorii la fibrele musculare se face tot printr-o formațiune similară cu sinapsa numită *placă motorie* (fig. 6.).

C e l u l e l e g l i a l e, în număr de peste 10 ori mai mare decît cel al neuronilor, se găsesc printre neuroni. Forma și dimensiunile celulelor gliale sînt diferite, iar prelungirile lor sînt în număr variabil. Se atribuie numeroase roluri țesutului glial, printre care: rolul de susținere, de a fagocita resturile neuronilor distruși,

TOBIAS ÎN PUTREFRACȚIE

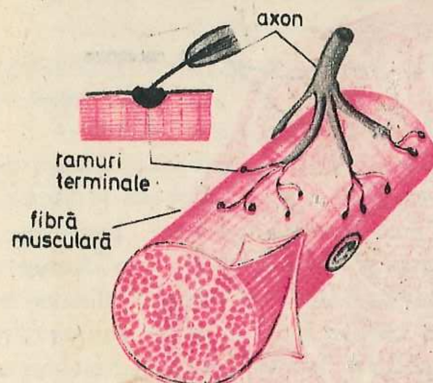


Fig. 6. Placă motorie.

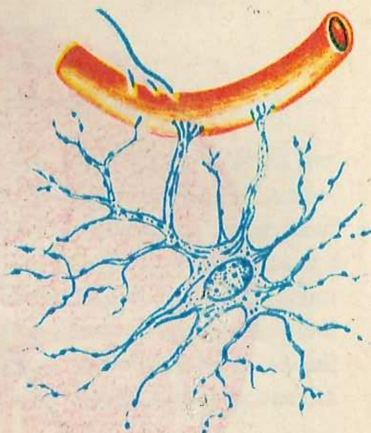


Fig. 7. Celulă glială.

pigmenți, mielină și produși de dezintegrare, rolul de sinteză a mielinei, în apărarea centrilor nervoși și în troficitate, făcînd legătura între neuroni și vasele capilare (fig. 7). Spre deosebire de neuroni, celulele gliale se pot divide, ocupînd locul neuronilor distruși.

PROPRIETĂȚILE FUNDAMENTALE ALE NEURONILOR

Proprietățile fundamentale ale neuronilor constau în generarea și conducerea impulsurilor nervoase.

— *Excitabilitatea* — capacitatea materiei vii de a răspunde prin manifestări specifice (fizice, chimice, electrice etc.) la acțiunea unor stimuli — este maximă la nivelul țesutului nervos. Sub acțiunea unor stimuli (orice variație a unei forme de energie din mediul înconjurător) se produc în neuron anumite modificări fizico-chimice care stau la baza generării impulsului nervos. Pentru a produce un impuls nervos, stimulul trebuie să aibă o anumită intensitate numită *prag*. Stimulii cu intensitate inferioară pragului — *subliminari* — nu produc un impuls nervos, iar stimulii cu intensitate superioară pragului — *supraliminari* — nu declanșează un impuls mai puternic decît stimulii prag. Această caracteristică este cunoscută sub denumirea de legea „tot sau nimic".

Corelațiile dintre intensitatea stimulilor și răspuns, care caracterizează excitabilitatea nervoasă, au fost studiate mai ales folosind ca stimul curentul electric și ca răspuns contracția musculară obținută prin stimularea nervului motor. Intensitatea minimă a unui curent electric care, aplicat pe nerv, determină un răspuns din partea nervului sau a mușchiului pe care îl deservește, se numește *reobază*, iar timpul cît trebuie aplicat curentul de intensitatea reobazei pentru a apărea răspunsul se numește *timp util.* Deoarece timpul util prezintă variații foarte mari la modificări mici ale curentului, s-a recomandat utilizarea unui

curent avînd o intensitate dublă față de reobază, ale cărui variații produc modificări minime ale răspunsului. *Cronaxia* este timpul minim necesar unui curent, avînd o intensitate dublă față de reobază, pentru a produce un răspuns motor. Valorile cronaxiei sînt de 10—30 ori mai mici comparativ cu cele ale timpului util, cronaxia fiind cu atît mai scurtă, cu cît excitabilitatea nervului sau a mușchiului este mai mare. Cronaxia nervilor motori este, în general, asemănătoare cu cea a nervilor senzitivi corespunzători și este identică cu cea a mușchilor pe care îi inervează.

Pentru a produce un impuls nervos, stimulul trebuie să acționeze cu o anumită bruschețĕ. Dacă se aplică pe un nerv stimuli electrici a căror intensitate este mărită lent se poate să nu apară un impuls nervos, deoarece nervul s-a adaptat, procesul adaptării avînd o mare importanță, în special la nivelul terminațiilor receptoare ale analizatorilor.

Stimulii cu intensitate prag, acționînd asupra neuronilor, produc anumite modificări fizico-chimice, care au ca urmare declanșarea unui impuls nervos ce se autopropagă. Cercetările electrofiziologice au precizat substratul electric al declanșării și propagării impulsurilor nervoase (fig. 8).

Neuronul, similar celorlalte celule, are o membrană plasmatică polarizată în condiții de repaus, fiind încărcată pozitiv pe fața sa externă și negativ pe fața internă, datorită repartiției inegale a Na^+ și K^+, de o parte și de cealaltă a membranei. Între fața externă a membranei neuronale și interiorul celulei există o diferență de potențial de $-50-70$ mV, denumită *potențial membranar de repaus*, menținută prin activitatea unor mecanisme membranare, care funcționează cu consum energetic. Aceste mecanisme expulzează permanent Na^+, care pătrunde în celule și reintroduc K^+, care iese lent și pasiv din celulă datorită gradientului de concentrație dintre mediul celular și cel extracelular. Deoarece membrana neuronală este impermeabilă pentru cei mai mulți anioni din celulă, efluxul K^+ din celulă este superior influxului de Na^+; de aceea membrana se menține în stare polarizată, cu fața externă pozitivă față de cea internă, negativă.

Aplicarea unui stimul cu intensitate prag crește brusc permeabilitatea membranei neuronale în special pentru Na^+, determinînd depo-

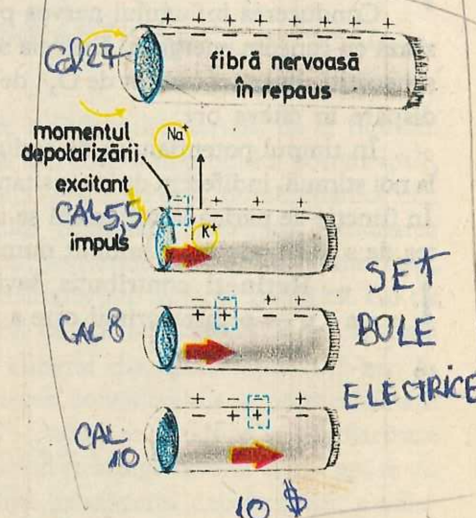


Fig. 8. Potențial membranar de repaus și de acțiune.

Săgeata roșie indică sensul propagării impulsului nervos

larizarea ei și micșorarea diferenței de potențial cu —15mV; ca urmare a accentuării influxului de Na polaritatea membranei se inversează, devenind negativă pe fața externă și pozitivă pe cea internă (+35 mV) și se declanșează un *potențial de acțiune*, care se autopropagă de-a lungul membranei neuronale. *Repolarizarea* se declanșează prin scăderea permeabilității membranei și a influxului pentru Na^+, concomitent creșterii efluxului de K^+, restabilindu-se astfel echilibrul ionic inițial.

— *Conductibilitatea* este proprietatea de autopropagare a impulsurilor nervoase prin axoni pînă la terminațiile acestora, unde ele sînt transmise, fie unui alt neuron, printr-o sinapsă interneuronală, fie unui organ efector, producînd un răspuns caracteristic (contracție musculară, secreție glandulară).

Înregistrarea curenților de acțiune în fibrele nervoase a arătat că potențialul de acțiune apărut într-o zonă excitată se propagă în ambele sensuri. În organism conducerea impulsurilor nervoase este unidirecțională datorită sinapselor, care permit impulsurilor să treacă doar într-un anumit sens. Mecanismul propagării potențialului de acțiune de-a lungul fibrelor nervoase este reprezentat de deplasarea sarcinilor electrice pozitive, din zona situată imediat înaintea celei depolarizate, în zona de electronegativitate determinată de potențialul de acțiune.

În axonii cu teacă de mielină conducerea impulsurilor depinde de fluxul circular de curent. Mielina fiind un bun izolator electric, nu permite scurgeri de curent și de aceea, depolarizarea este posibilă numai la nivelul nodurilor Ranvier. Potențialul de acțiune se va deplasa deci sărind de la un nod la următorul, modalitate de transmitere denumită *conducere saltatorie*. Prin conducerea saltatorie viteza deplasării impulsurilor nervoase crește foarte mult; de aceea fibrele mielinice conduc de aproximativ 50 de ori mai rapid decît cele amielinice.

Conducerea influxului nervos prin axoni este un proces activ care se realizează cu consum energetic. Energia se eliberează în special prin oxidarea glucozei și necesită un aport crescut de O_2; de aceea, în lipsa O_2 conductibilitatea nervoasă dispare în cîteva ore.

În timpul potențialului de acțiune, neuronii, ca și alte țesuturi, nu răspund la noi stimuli, indiferent de intensitatea acestora, instalîndu-se *perioada refractară*. În funcție de perioada refractară se instalează *labilitatea*, care constă în capacitatea de a răspunde la un anumit număr de stimuli pe unitatea de timp.

— **Rețineți** contribuția savantului român **G h e o r g h e M a r i n e s c u** — printre primii care a făcut studii de histopatologie a neuronului.

LUCRARE PRACTICĂ

Proprietățile nervilor

— Excitabilitatea și conductibilitatea pot fi demonstrate, procedînd astfel:

— Distrugeți encefalul și măduva spinării unei broaște. Puneți în evidență nervul sciatic de la unul din membrele posterioare prin fixarea lui cu ajutorul unui ac în placa de plută.

— Treceți un fir de ață pe dedesubtul nervului, eliberînd membrul prin scoaterea acului cu care era fixat. Se susține nervul cu ajutorul firului de ață și se excită. Se observă contracția membrului respectiv, fapt ce arată că impulsul care a luat naștere s-a transmis mușchiului pe care acesta îl inervează.

— Pentru a demonstra conductibilitatea nervilor, realizați un preparat neuromuscular (mușchiul și nervul respectiv). Aplicați în jurul porțiunii mijlocii a nervului un tampon îmbibat cu novocaină pe care îl lăsați cîteva minute. Excitînd nervul distal (spre capătul liber) nu se obține răspuns (contracția mușchiului), pe cînd stimularea porțiunii proximale (apropiată de mușchi) determină contracția.

Rezultate identice se obțin dacă aplicați o bucată de gheață. În ambele cazuri a fost suprimată conductibilitatea nervoasă.

Prin îndepărtarea excitantului (anestezic sau termic) în timp util, obținem contracția, în ambele situații, excitînd nervul distal.

TRANSMITEREA SINAPTICĂ

T r a n s m i t e r e a s i n a p t i c ă a influxului nervos, de la butonul terminal al neuronului presinaptic la dendrita sau corpul neuronului postsinaptic, se face prin intermediul unor mediatori chimici — acetilcolina, noradrenalina etc. Impulsul nervos, ajuns la nivelul butonului terminal, determină fuzionarea veziculelor (în care se găsește mediatorul) cu porțiunea sinaptică a membranei, urmată de ruperea veziculelor și eliberarea mediatorului în fanta sinaptică. Cu cît intensitatea impulsului nervos este mai mare, cu atît se va descărca o cantitate mai mare de mediator. Mediatorul chimic eliberat difuzează rapid (0,5 ms) în membrana postsinaptică și determină creșterea considerabilă a permeabilității membranei postsinaptice pentru Na^+ și K^+. Astfel se produce o depolarizare locală, un potențial postsinaptic excitator și cînd se atinge nivelul critic, apare un potențial de acțiune autopropagat. Rapid după producerea depolarizării, mediatorul chimic este inactivat de enzime specifice și polaritatea sinapsei revine la starea de repaus. La nivelul fiecărei sinapse impulsul nervos întîrzie 0,5—0,7 ms.

T r a n s m i t e r e a l a n i v e l u l p l ă c i i m o t o r i i se face similar transmiterii sinaptice. Impulsul motor, ajuns la capătul axonului neuronului motor, descarcă mici cantități de acetilcolină, care se fixează pe membrana fibrei musculare, depolarizînd-o și determinînd un potențial local terminal de placă. Cînd acest potențial atinge nivelul critic se generează potențiale de acțiune, care se propagă de la placa motorie în toate direcțiile, producînd contracția fibrei musculare.

STRUCTURA ȘI FUNCȚIILE SISTEMULUI NERVOS

Segmentele sistemului nervos central (SNC) sînt: măduva spinării, trunchiul cerebral, cerebelul, diencefalul și emisferele cerebrale.

Organele nervoase care formează nevraxul sînt învelite de sistemul meningeal, format din trei membrane: *piamater*, *arahnoida* și *duramater*. Între arahnoidă și piamater există un spațiu mai larg în care se găsește *lichidul cefalorahidian*, cu rol de protecție mecanică și trofic.

MĂDUVA SPINĂRII

M ă d u v a s p i n ă r i i, adăpostită în canalul vertebral, se întinde de la gaura occipitală — C_1 — pînă la nivelul vertebrei L_2, de unde se continuă cu o formațiune foarte subțire — *filum terminale* — pînă la vertebra a doua coccigiană. Nervii lombari și sacrali, în traiectul lor spre găurile intervertebrale, împreună cu filum terminale, constituie *coada de cal*.

— Observarea preparatului formolizat vă demonstrează că măduva spinării are forma unui cilindru ușor turtit antero-posterior.

Măduva spinării prezintă două umflături: una cervicală, unde își au originea nervii brahiali și una lombară, de unde pornesc nervii lombari. Pe fața anterioară se găsește *fisura mediană anterioară*, mai lungă și mai adîncă decît *șanțul median posterior*, situat pe fața opusă. Corespunzător locului de ieșire și intrare a rădăcinilor nervilor spinali se află *șanțurile laterale*, *anterior* și *posterior*.

În secțiune transversală măduva apare constituită, în interior, din substanță cenușie, în formă de H sau de fluture, cu două *coarne anterioare* și două *coarne posterioare*, unite prin *comisura cenușie*, străbătută de *canalul ependimar*. Între coarnele anterioare și posterioare se află *coarnele laterale*, mai pronunțate în regiunea toracică si lombară. Înconjurînd substanța cenușie, la exterior se află substanța albă, organizată, de fiecare parte, în trei *cordoane*: *anterior*, *lateral* și *posterior*.

— *Substanța cenușie* medulară este formată din corpii neuronali. În coarnele anterioare se găsesc motoneuroni sau *neuroni somatomotori radiculari*, denumiți astfel, deoarece axonii lor constituie rădăcinile anterioare (motorii) ale nervilor spinali.

Motoneuronii spinali (somatomotori) au rolul de a controla desfășurarea normală a activității musculare striate. Coarnele laterale conțin neuroni vegetativi, în jumătatea anterioară neuroni visceromotori, care realizează motilitatea musculaturii netede viscerale și ai căror axoni părăsesc măduva prin rădăcinile anterioare, iar în jumătatea posterioară, neuroni viscerosenzitivi, care primesc informații de la viscere prin fibrele aferente din rădăcinile posterioare ale nervilor spinali. În coarnele posterioare se găsesc neuroni somatosenzitivi. În măduvă se găsesc și numeroși neuroni intercalari (de asociație), precum și insule de celule nervoase dispuse „în rețea" în substanța albă, între cornul posterior și cel lateral, în vecinătatea imediată a substanței cenușii, formînd *substanța reticulată medulară*.

— *Substanța albă* este constituită din fibre nervoase mielinice și din celule aparținînd țesutului glial. Fibrele nervoase — prelungiri ale neuronilor spinali sau ale altor formațiuni nervoase — se grupează în tracturi, unele scurte, făcînd legătura între diferite segmente medulare, altele lungi, ascendente (senzitive) sau descendente (motorii).

Măduva este conectată cu receptorii și efectorii prin cele 31 perechi de nervi spinali: 8 cervicali, 12 toracali, 5 lombari, 5 sacrali și 1 coccigian. Nervii spinali sînt nervi micști, constituiți din fibre motorii și senzitive, somatice și vegetative. Prezintă rădăcini, trunchi și ramuri periferice (fig. 9).

— Deduceți sensul de transmitere a influxului nervos, urmărind reacțiile motorii ale unei broaște spinale la care s-au evidențiat rădăcinile unui nerv spinal, știind că:

— *Rădăcina posterioară* a nervilor spinali are, pe traseul ei, un ganglion spinal. Ea este formată din dendritele și axonii neuronilor din ganglionul spinal, care, după ce au pătruns în măduvă, fac sinapsă în cornul posterior medular

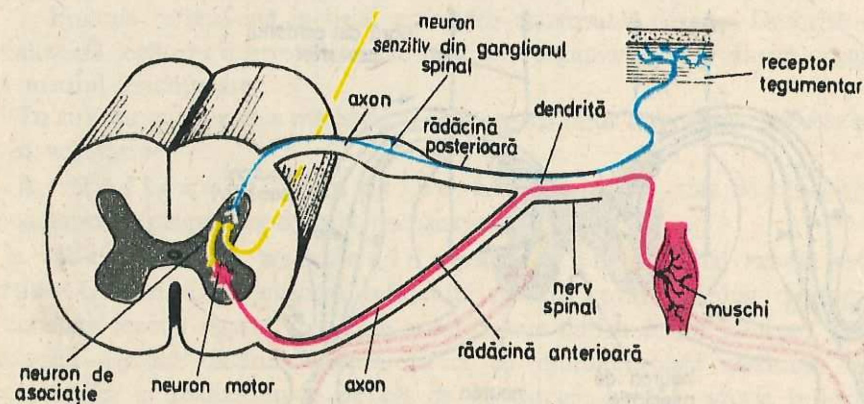


Fig. 9. Nervul spinal.

VĂCHI DE TOBIAS

cu un neuron de asociație sau direct cu motoneuronii din coarnele anterioare sau laterale; unii axoni, mai lungi, trec în cordonul posterior, avînd traseu ascendent, spre bulb, așa cum observați în figura 10.

— ***Rădăcina anterioară*** **a nervilor spinali este formată din axonii neuronilor somatici din coarnele anterioare și ai neuronilor vegetativi din coarnele laterale. Fibrele somatomotorii transmit impulsuri musculaturii striate, iar fibrele visceromotorii se distribuie musculaturii netede a organelor interne și a vaselor sangvine.**

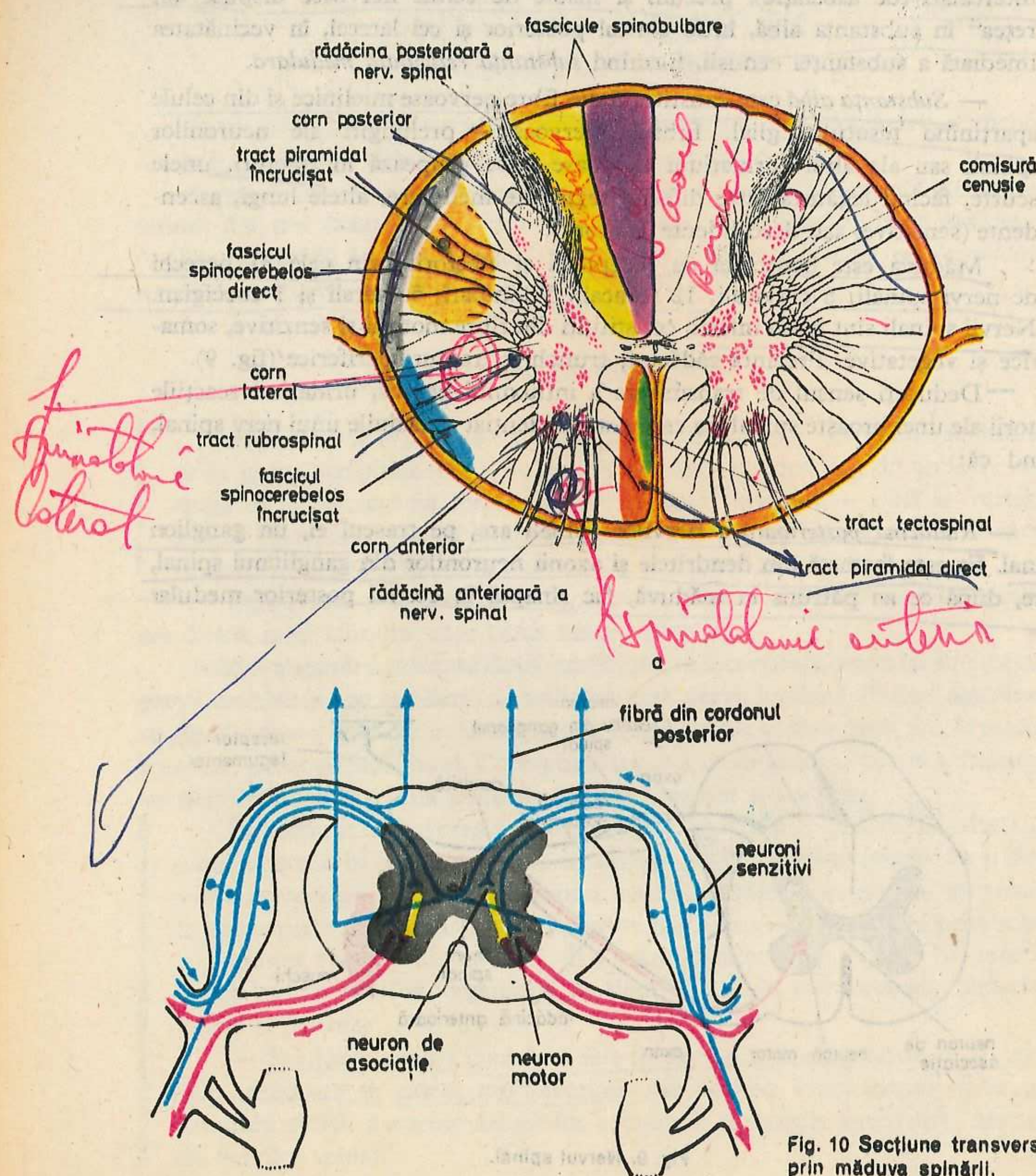


Fig. 10 Secțiune transversală prin măduva spinării.

— *Trunchiul nervilor spinali*, rezultînd din alăturarea celor două rădăcini, este mixt.

— *Ramurile* — dorsală, ventrală, meningeală și comunicantă albă — rezultă din ramificarea trunchiului.

La adult, ramurile se distribuie metameric doar la nivelul toracelui, unde inervația este asigurată de cele 12 perechi de nervi intercostali. În rest, distribuția metamerică a nervilor nu se menține, deoarece inervația viscerală și a diferitelor structuri somatice (piele, mușchi) se realizează prin ramuri mixte periferice care formează plexuri nervoase (cervical, brahial, lombar, sacral și coccigian) ce conțin fibre provenite din mai multe segmente nervoase.

FUNCȚIILE MĂDUVEI SPINĂRII

Activitatea sistemului nervos se realizează prin *actul reflex*.

Actul reflex este procesul fiziologic de răspuns la un stimul care acționează asupra unui anumit cîmp receptor și are ca substrat material *arcul reflex*, constituit din: calea aferentă, un centru și calea eferentă.

— *Calea aferentă* este reprezentată de receptor și fibrele nervoase aferente centrului reflex. Receptorii sînt formațiuni celulare specializate, sau dendrite ale neuronilor din ganglionii spinali ori ai omologilor lor cranieni. Au proprietatea de a fi influențați de anumite modificări survenite în mediul extern sau intern, generînd un impuls nervos, ce se autopropagă pe căi aferente pînă la centrul nervos situat în nevrax.

— *Centrii reflecși* sînt formațiuni nervoase la nivelul cărora ajung și sînt prelucrate informațiile culese de receptori. În centri nervoși, situați la diferite niveluri se efectuează analiza și sinteza informațiilor primite și se generază impulsuri care ajung prin *calea eferentă* la organele efectoare declanșînd un răspuns reflex. Uneori acești centri sînt bine delimitați, alte ori se întind pe mai multe etaje nervoase.

Măduva spinării are două funcții fundamentale: reflexă și de conducere.

1. Funcția reflexă a măduvei spinării

Funcția reflexă stă la baza activității sistemului nervos. Datorită ei se realizează legătura dintre diferitele părți ale organismului și dintre organism și mediul înconjurător.

În substanța cenușie a măduvei se află centrii unor importante reflexe somatice și vegetative.

A. Reflexele somatice medulare sînt de două tipuri: monosinaptice (proprioceptive) și polisinaptice.

a. Reflexele monosinaptice sînt cele mai simple reflexe somatice. Urmărind declanșarea reflexului rotulian prin percuția tendonului, veți constata reacția rapidă, deoarece arcul nervos cuprinde doi neuroni, axonul neuronului senzitiv făcînd sinapsă direct cu motoneuronul medular. Fiind monosinaptice și realizîndu-se pe căi de conducere rapidă, aceste reflexe au timp de latență foarte scurt și, datorită lipsei neuronilor intercalari, sînt strict limitate și nu iradiază. Asemenea reflexe sînt reflexele osteotendinoase (rotulian, ahilean, bicipital, tricipital etc.).

b. **Reflexele polisinaptice** sînt caracterizate prin faptul că arcul lor reflex include un număr variabil de neuroni intercalari între neuronul senzitiv și cel motor. Din acest grup de reflexe cel mai tipic este reflexul de *flexie*. Acesta constă în flectarea unui membru după aplicarea unui stimul nociv (înțepătură, obiect fierbinte, curent electric etc.) pe piele, țesut subcutanat sau mușchi. Aceste reflexe de apărare, care îndepărtează zona stimulată de agentul nociv, au un arc reflex constituit din cel puțin trei neuroni și, de aceea, timpul lor de latență este mai lung. Dacă intensitatea stimulului este foarte puternică, răspunsul motor este mai complex, flexia membrului stimulat însoțindu-se de extensia membrului de partea opusă. În cazul unor stimuli extrem de nocivi se produce o activitate motorie din partea tuturor celor patru membre, prin iradierea excitației.

LUCRĂRI PRACTICE

— Comparați reacțiile unei broaște spinale la aplicarea unor excitanți de intensitate diferită și veți deduce complexitatea reflexelor polisinaptice, demonstrate prin legile reflexelor medulare (legile lui Pflüger).

— Puteți studia reflexele medulare pe o broască spinală, la care suprimați orice influență din partea centrilor nervoși superiori.

— Îndepărtați maxilarul superior la o broască cu ajutorul foarfecelor printr-o secțiune care trece exact la nivelul articulației cranio-vertebrale. Ca urmare, apare o depresiune temporară a activității medulare. Cauza așa-numitului „șoc spinal", se atribuie atît traumatismului suferit, cît mai ales însuși procesului de deconectare a măduvei de centrii superiori.

— Suspendați broasca de vergeaua fixată în stativ, cu ajutorul croșetului metalic, trecut prin maxilarul inferior.

— Se excită apoi membrana interdigitală de la unul din membrele posterioare, cu un curent de inducție, a cărui intensitate crește progresiv. Se constată că, pe măsură ce crește intensitatea curentului, răspunsul reflex antrenează teritorii musculare din ce în ce mai întinse. Pe baza unor astfel de observații experimentale, puteți verifica cele cinci legi ale reflexelor enunțate de Pflüger.

1. *Legea localizării:* un excitant foarte slab determină un răspuns reflex limitat la un grup de mușchi (se poate obține mișcarea unei singure falange).

2. *Legea unilateralității:* mărind ușor intensitatea excitantului, obțineți un răspuns reflex al membrului excitat.

3. *Legea simetriei:* la o nouă mărire a intensității excitantului se obține reflexul bilateral.

4. *Legea iradierii:* pe măsură ce crește intensitatea curentului electric se instalează răspunsuri reflexe, în care sînt mobilizate din ce în ce mai multe grupuri musculare, respectiv membrele posterioare și anterioare.

5. *Legea generalizării:* un excitant foarte puternic provoacă fenomene de iradiere generală, care se exprimă prin mișcări ale membrelor și corpului.

Acest fenomen local urmat de unul general, obținut ca urmare a creșterii intensității excitantului, se explică prin antrenarea la stimuli din ce în ce mai puternici a neuronilor motori uni- și bilaterali de la niveluri medulare diferite.

B. **Reflexele vegetative medulare** mai importante sînt:

— reflexele vasoconstrictoare au centrii în coarnele laterale ale măduvei dorsolombare iar cele cardioacceleratoare, în măduva cervicodorsală;

— reflexele sudorale, pilomotorii și motilitatea tubului digestiv sînt controlate de centrii dorsolombari;

— reflexele de micțiune, defecație și sexuale au centrii localizați în segmentele lombosacrate medulare (coarnele laterale și comisura cenușie).

Centrii vegetativi medulari sînt subordonați unor centri superiori (bulbari, hipotalamici și chiar corticali).

2. Funcția de conducere a măduvei spinării

Conducerea impulsurilor nervoase în măduvă se face pe căi lungi (de proiecție), ascendente și descendente, și căi scurte (de asociație sau intersegmentare). Căile de conducere lungi au o porțiune medulară, inițială (căile senzitive) sau terminală (căile motorii), restul traiectului lor fiind în etajele supramedulare ale SNC.

A. **Căile ascendente** transmit informații recepționate de diferiți receptori. Sensibilitatea generală a corpului, exteroceptivă (tactilă, termică, dureroasă) și proprioceptivă (inconștientă și conștientă) este condusă prin căi specifice. Sensibilitatea interoceptivă (visceroceptivă) este condusă prin substanța reticulată din jurul canalului ependimar în care există căi nespecifice și prin calea spinotalamică, împreună cu excitațiile somatice.

Căile ascendente specifice, proprii fiecărui tip de sensibilitate, sînt constituite numai din trei neuroni. Ele conduc impulsuri cu rol în perceperea și discriminarea fină a stimulilor care acționează asupra unui anumit cîmp receptor și au proiecție corticală într-o zonă limitată.

— Urmărind figura 11 veți observa că toate fibrele care conduc sensibilitatea exteroceptivă au protoneuronul (primul neuron) situat în ganglionul spinal. Dendrita acestuia formează sau este conectată cu receptorii cutanați (termici, dureroși, tactili) iar axonul intră în măduvă prin rădăcina posterioară a nervilor spinali.

— Fibrele sensibilității termice, dureroase și tactile grosiere (protopatică) fac sinapsă în cornul posterior cu deutoneuronul căii (al doilea neuron), al cărui axon trece în cordonul lateral de partea opusă formînd *fasciculul spinotalamic lateral* (termic-dureros) sau în cordonul anterior — *fasciculul spinotalamic anterior* (tactil).

— Fibrele care conduc sensibilitatea *tactilă fină* (epicritică) intră în măduvă direct în cordonul posterior formînd *fasciculele spinobulbare* (Goll—Burdach) și fac sinapsă în bulb cu deutoneuronul căii.

Toate căile exteroceptive au al treilea neuron în talamus, iar axonul acestuia proiectează în cortex (zona de integrare a sensibilității generale).

— Analizînd figura 11, reiese asemănarea dispoziției tracturilor *sensibilității proprioceptive* cu cele *exteroceptive* (fascicule spinotalamice). Se observă că protoneuronul este localizat tot în ganglionul spinal, dendrita formează proprioceptorii din mușchi, oase și articulații, axonul urmează aceeași cale intrînd în măduvă — unde se separă:

— fibrele care conduc sensibilitatea proprioceptivă *inconștientă* fac sinapsă cu deutoneuronul căii tot în cornul posterior, formînd apoi, prin cordoanele laterale, fasciculele *spinocerebeloase: direct* (Flechsig), cele care vin din partea inferioară a corpului și *încrucișat* (Gowers), cele care vin din regiunea superioară a trunchiului și membrele superioare;

— fibrele sensibilității proprioceptive *conștiente* intră direct în cordonul posterior — *fasciculele spinobulbare* (Goll și Burdach), făcînd sinapsă cu deutoneuronul căii în bulb și cu al treilea neuron în talamus, avînd proiecție corticală.

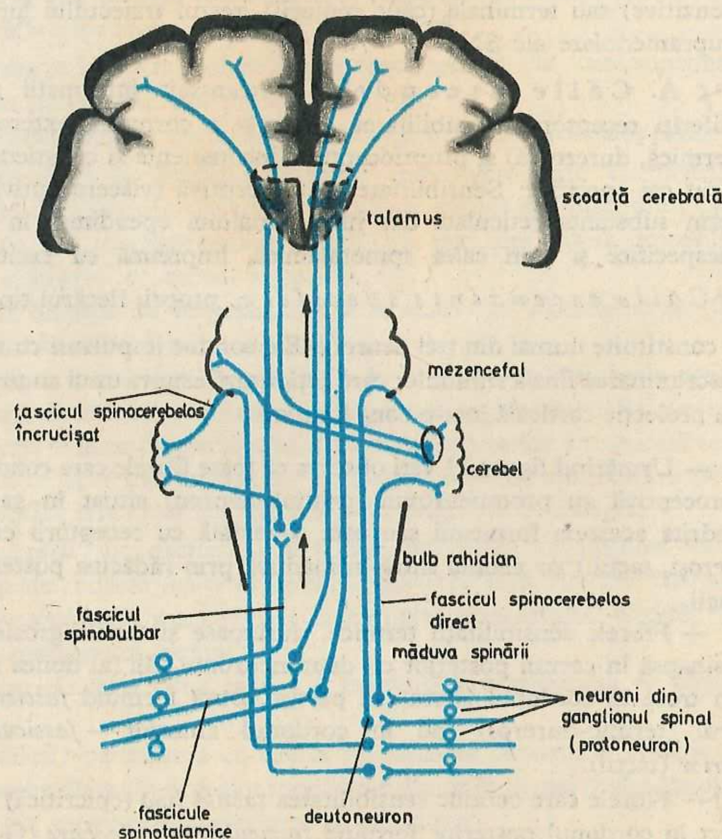


Fig. 11. Căile sensibilității exteroceptive și proprioceptive.

B. Căile descendente (ale motilității). Motilitatea voluntară este declanșată din centrii motori ai cortexului cerebral pe căile piramidale, iar cea involuntară, automată, din centrii motori corticali și subcorticali, pe căile extrapiramidale.

— Studiind figura 12 sau diapozitivul adecvat, puteți identifica, în substanța albă a măduvei, traseul căilor motoare:

a. *Căile piramidale* (corticospinale), au traseu descendent prin trunchiul cerebral, unele ajung la motoneuronii somatici medulari după încrucișare la nivel medular — *fasciculul piramidal direct* (situat în cordoanele anterioare), altele după ce se încrucișează în bulb — *fasciculul piramidal încrucișat* (situat în cordoanele laterale).

O parte din fibrele acestor tracturi se opresc în trunchiul cerebral (fasciculul corticobulbar) la centrii motori ai nervilor cranieni, dirijînd contracția mușchilor capului și gîtului.

Impulsurile conduse prin căile piramidale inițiază mișcări fine, voluntare. Secționarea fibrelor piramidale produce doar scăderea activității musculare, lipsă de îndemînare și dificultate în efectuarea mișcărilor voluntare și nu produce paralizii.

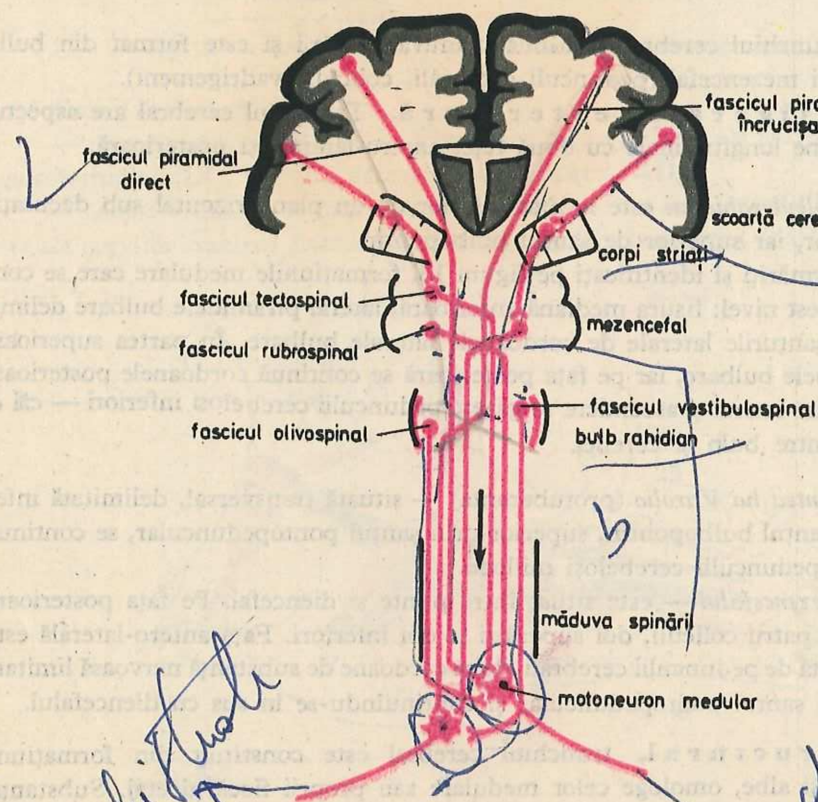


Fig. 12. Căi nervoase descendente.

b. *Căile extrapiramidale.* Unele căi extrapiramidale au neuronii de origine în regiuni diferite ale scoarței cerebrale; axonii lor fac sinapsă în nucleii bazali (corpii striați) — ale căror fibre formează o parte din sistemul motor extrapiramidal, cu traseu medular.

Majoritatea fibrelor extrapiramidale au originea în diferiți nuclei din trunchiul cerebral formînd fasciculele: tectospinal (din coliculii cvadrigemeni), rubro-nigro-spinal (din pedunculii cerebrali), olivospinal, vestibulospinal (din bulb) și reticulospinal (din substanta reticulată a trunchiului).

Toate sînt căi motoare secundare care conduc impulsuri ce reglează și controlează tonusul postural, mișcările automate asociate cu mersul, vorbirea, scrisul, îmbrăcarea, alimentarea și unele stări afectivo-emoționale, atitudinile automate etc.

— **Rețineți!** Fasciculele întregului sistem motor fac sinapsă în cornul anterior medular, iar axonii motoneuronilor medulari se distribuie spre musculatura scheletică.

TRUNCHIUL CEREBRAL

Trunchiul cerebral continuă măduva spinării și este format din bulb, punte și mezencefal (pedunculi cerebrali, coliculi cvadrigemeni).

Configurația exterioară. Trunchiul cerebral are aspectul unei coloane longitudinale cu două fețe: antero-laterală și posterioară.

— *Bulbul rahidian* este limitat inferior de un plan orizontal sub decusația piramidelor, iar superior de șanțul bulbopontin.

— Urmăriți și identificați pe figura 13, formațiunile medulare care se continuă la acest nivel: fisura mediană anterioară, lateral piramidele bulbare delimitate prin șanțurile laterale de cordoanele laterale bulbare. În partea superioară se află olivele bulbare, iar pe fața posterioară se continuă cordoanele posterioare medulare iar lateral și ascendent se găsesc pedunculii cerebeloși inferiori — căi de legătură între bulb și cerebel.

— *Puntea lui Varolio* (protuberanța) — situată transversal, delimitată inferior prin șanțul bulbopontin, superior prin șanțul pontopeduncular, se continuă lateral cu pedunculii cerebeloși mijlocii.

— *Mezencefalul* — este situat între punte și diencefal. Pe fața posterioară se observă patru coliculi, doi superiori și doi inferiori. Fața antero-laterală este reprezentată de pedunculii cerebrali, două cordoane de substanță nervoasă limitate inferior de șanțul pontopeduncular și continuîndu-se în sus cu diencefalul.

Structural, trunchiul cerebral este constituit din formațiuni cenușii și albe, omologe celor medulare sau proprii fiecărui etaj. Substanța cenușie este situată la interior și fragmentată în numeroși nuclei, separați prin substanță albă care apare și la periferie (fig. 14).

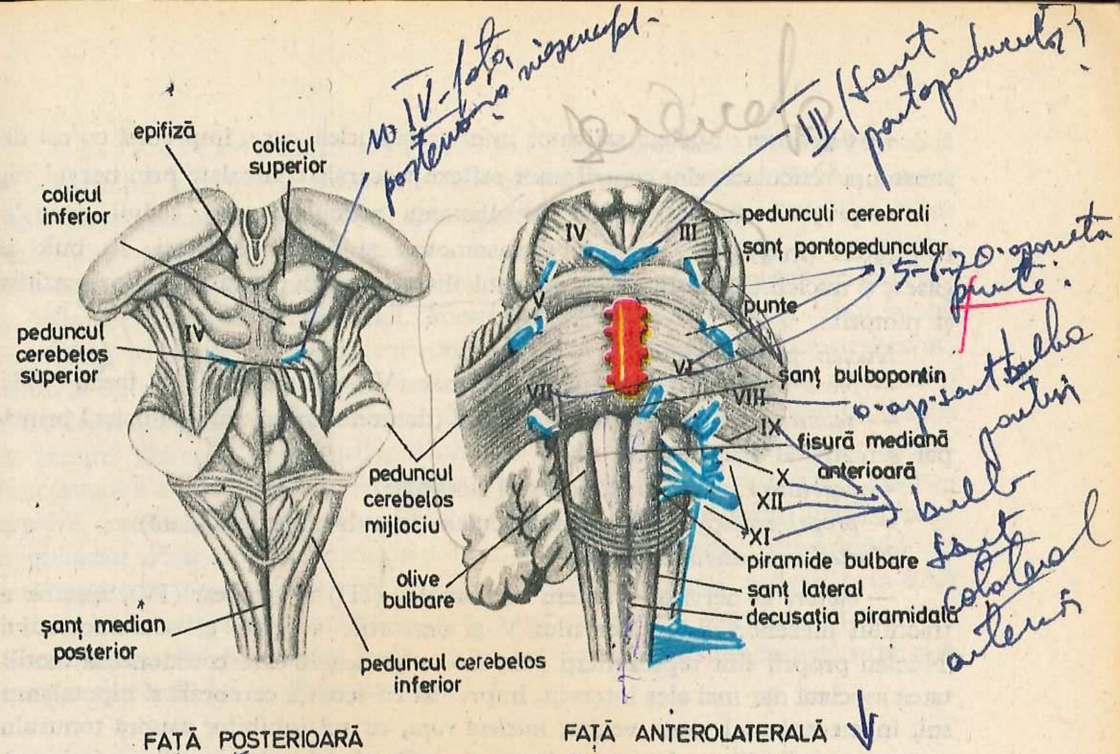


Fig. 13. Trunchiul cerebral și originea aparentă a nervilor cranieni.

Nucleii bulbari sînt:

— *motori*: conțin neuronii de origine ai fibrelor motorii ale nervilor cranieni glosofaringian (IX), vag (X), accesor (XI), hipoglos (XII);

— *senzitivi*: nuclei ce conțin deutoneuronii cu care fac sinapsă fibrele senzitive ale nervilor cranieni glosofaringian (IX), vag (X), trigemen (V) și facial (VII).

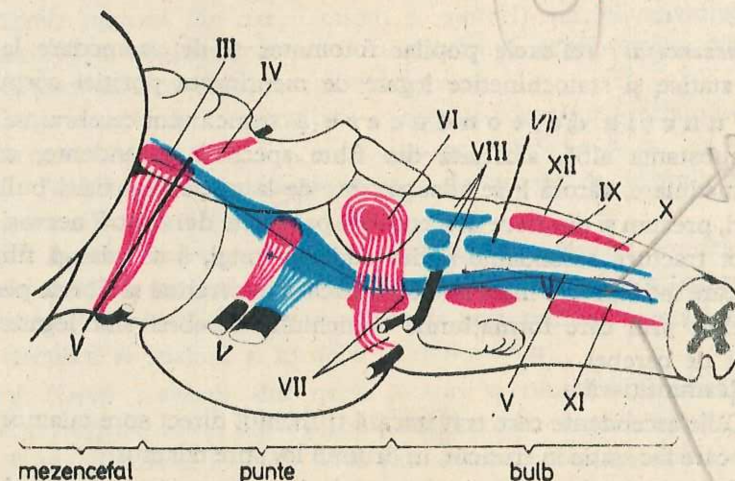


Fig. 14. Trunchiul cerebral — nucleii motori (în roșu) și nucleii senzitivi (albastru) ai nervilor cranieni.

— *vegetativi:* nucleul salivator inferior și nucleii care, împreună cu cei din substanța reticulată, sînt centrii unor reflexe viscerale controlate prin nervul vag;

— *proprii:* mai răspîndiți în substanța reticulată, sînt sediul centrilor respiratori (inspirator, expirator), vasomotori și cardioinhibitori. În bulb se găsesc și nucleii Goll și Burdach, nucleul olivar — stații pe traseul căilor senzitive și motorii.

Nucleii pontini sînt:

— *motori:* ai nervilor cranieni trigemen (V), abducens (VI) și facial (VII);

— *senzitivi:* ai nervilor cranieni VIII (deutoneuronul căii) și nucleul principal senzitiv al nervului V;

— *vegetativi:* salivator superior și lacrimal;

— *proprii:* respiratori, cardiovasculari (în substanța reticulată).

Nucleii mezencefalici sînt:

— *motori* ai nervilor cranieni oculomotor (III) și trohlear (IV), *senzitiv* al tractului mezencefalic al nervului V și *vegetativi* accesori ai oculomotorului. Nucleii proprii sînt reprezentați prin *substanța neagră* care coordonează motilitatea asociată dar mai ales intervin, împreună cu scoarța cerebrală și hipotalamusul, în mecanismul somn-veghe; *nucleul roșu*, cu rol inhibitor asupra tonusului muscular; *coliculii cvadrigemeni*, legați de reflexele vizuale și auditive (mișcarea ochilor și a capului în direcția excitantului).

Funcția reflexă a trunchiului cerebral se realizează prin substanța cenușie, la acest nivel închizîndu-se o serie de reflexe de importanță vitală.

În bulb: reflexele de deglutiție, de vomă, salivar (parotida), secretorii și motorii digestive, respiratorii și adaptative cardiovasculare.

În punte: reflexele salivar (submaxilară și sublinguală), masticator, lacrimal, de clipire și reflexele respiratorii și cardiovasculare coordonate din substanța reticulată.

În mezencefal: reflexele pupilar fotomotor și de acomodare la distanță, reflexele statice și statochinetice legate de menținerea poziției corpului.

Funcția de conducere a trunchiului cerebral se realizează prin substanța albă, alcătuită din fibre specifice ascendente, continuarea celor medulare, cărora li se adaugă fibre de la nucleii senzitivi bulbo-mezencefalici, precum și din fibre descendente provenite din centrii nervoși superiori. Acestor tracturi, ascendente și descendente lungi, li se adaugă fibre de asociere, care fac legătura între nucleii trunchiului cerebral și fibrele pedunculilor cerebeloși prin care formațiunile trunchiului cerebral sînt legate aferent și eferent de cerebel.

— Reamintiți-vă!

— Căile ascendente care traversează trunchiul direct spre talamus și cerebel și pe cele care fac stație în trunchi, în drumul lor spre talamus.

— Căile descendente cu origine corticală care traversează trunchiul și cele cu origine în diferiți nuclei ai trunchiului cerebral.

— Precizați ce rol au!

Căile ascendente nespecifice fac parte din substanța reticulată a trunchiului cerebral și constituie *sistemul activator ascendent* (SAA), format dintr-un mare număr de neuroni, care se întind de la bulb pînă la talamus. Neuronii substanței reticulate primesc permanent informații extero- și interoceptive, prin colateralele desprinse pe tot parcursul căilor ascendente specifice, precum și de la nervii cranieni și viscerali. Aceste informații nespecifice și difuze ajung la scoarța cerebrală. Proiecția corticală a acestor impulsuri se face nespecific, difuz, și de aceea rolul lor informativ este foarte redus; în schimb, provoacă o stare de excitabilitate corticală crescută, nespecifică, generalizată, numită reacție de trezire. Datorită impulsurilor venite pe calea SAA se realizează pregătirea funcțională a scoarței pentru perceperea impulsurilor intero-, proprio- și exteroceptive, transmise pe căile ascendente specifice și, în același timp, sînt inhibate impulsurile de la alți receptori, permițînd îndreptarea atenției spre stimulul cel mai important din punct de vedere biologic. Scoarța cerebrală activată prin SAA trimite impulsuri către formațiunea reticulată, menținînd starea de hiperexcitabilitate a acesteia. Se creează astfel un circuit cortico-reticulo-cortical prin care scoarța cerebrală își autoîntreține tonusul.

NERVII CRANIENI

Nervii cranieni, în număr de 12 perechi, cu excepția nervilor olfactivi (I) și optici (II), aparțin trunchiului cerebral. La nivelul acestuia se află originea reală (pentru fibrele motorii din nervii micști și motori), nucleii terminali (pentru fibrele senzitive) și originea aparentă (locul intrării și ieșirii nervilor din nevrax).

Nervii cranieni sînt: motori, senzitivi și micști.

— I. *Nervii olfactivi* — senzitivi — conduc impulsuri declanșate de miros la scoarța cerebrală.

— II. *Nervii optici* conduc impulsuri declanșate de stimuli luminoși la scoarța cerebrală.

— III. *Nervii oculomotori* pun în acțiune, prin ramura somatică, o parte din mușchii globilor oculari (dreptul superior, dreptul inferior, dreptul intern, oblicul inferior) și ridică pleoapa superioară; prin ramura vegetativă inervează mușchii circulari ai irisului și mușchii corpului ciliar.

— IV. *Nervii trohleari* sînt nervi motori ai mușchiului oblic superior.

— V. *Nervii trigemeni*, nervi micști, sînt formați din trei ramuri: oftalmică, maxilară și mandibulară. Primele două sînt senzitive, cea de-a treia este mixtă. Inervează tegumentul feței și mușchii masticatori.

— VI. *Nervii abducens* sînt nervi motori ai mușchiului drept extern al globului ocular.

— VII. *Nervii faciali*, nervi micşti, asigură sensibilitatea gustativă, inervaţia musculaturii mimicii, secreţia glandelor salivare sublinguală şi submaxilară şi secreţia glandelor lacrimale.

— VIII. *Nervii vestibulo-cohleari*, nervi senzitivi, sînt formaţi din două componente: *cohleară* (acustică) — conduce impulsuri pentru auz de la urechea internă şi *vestibulară*, care conduce, tot de la urechea internă, impulsuri în legătură cu echilibrul.

— IX. *Nervii glosofaringieni*, nervi micşti, asigură sensibilitatea gustativă, inervaţia muşchilor laringelui şi secreţia glandelor parotide.

— X. *Nervii vagi* sînt nervi micşti, formaţi din fibre senzitive şi motorii; ei controlează activitatea majorităţii organelor interne (inimă, plămîni, stomac etc.).

— XI. *Nervii accesori*, nervi motori, inervează muşchii sternocleidomastoidieni şi trapezi.

— XII. *Nervii hipoglosi* sînt nervi motori şi inervează musculatura limbii.

— Studiaţi figurile 13 şi 14 în care sînt prezentate originea aparentă şi originea reală a nervilor cranieni.

CEREBELUL

Cerebelul, situat în etajul inferior al cutiei craniene, înapoia trunchiului cerebral, este alcătuit din două părţi laterale — *emisferele cerebeloase* (lobii anterior—paleocerebel şi posterior — neocerebel), conectate printr-o parte mediană denumită *vermis*, unită cu o formaţiune alungită, constituind lobul *flocculonodular* (arhicerebel).

Legăturile cerebelului cu trunchiul cerebral se fac prin cele 3 perechi de *pedunculi cerebeloşi* care îl leagă de bulb, de punte şi de mezencefal. Pedunculii cerebeloşi sînt alcătuiţi din fibre aferente şi eferente (de proiecţie).

Similar celorlalte părţi ale SNC, cerebelul este alcătuit din substanţă cenuşie şi substanţă albă. Substanţa cenuşie este prezentă la suprafaţă, formînd scoarţa cerebeloasă, alcătuită din trei straturi celulare; cel mai important este stratul mijlociu al celulelor piriforme Purkinje, care conectează scoarţa cerebeloasă cu alte etaje ale nevraxului. În interior, substanţa cenuşie formează nucleii cerebeloşi (fig. 15). Substanţa albă se află în interior şi este formată din (fig. 16):

— fibre provenite de la măduvă, trunchiul cerebral şi scoarţa cerebrală;
— fibre care au traseu spre măduvă, trunchiul cerebral şi talamus;
— fibre intracerebeloase, care fac legătura între cortexul cerebelos şi nucleii cerebeloşi (fibre de asociaţie şi comisurale).

Cerebelul este conectat în serie pe principalele căi ascendente şi descendente şi, ca urmare, primeşte diferite aferenţe, în special ale sensibilităţii proprioceptive, şi trimite eferenţe prin fibre care, intrînd în constituţia fasciculelor sistemului

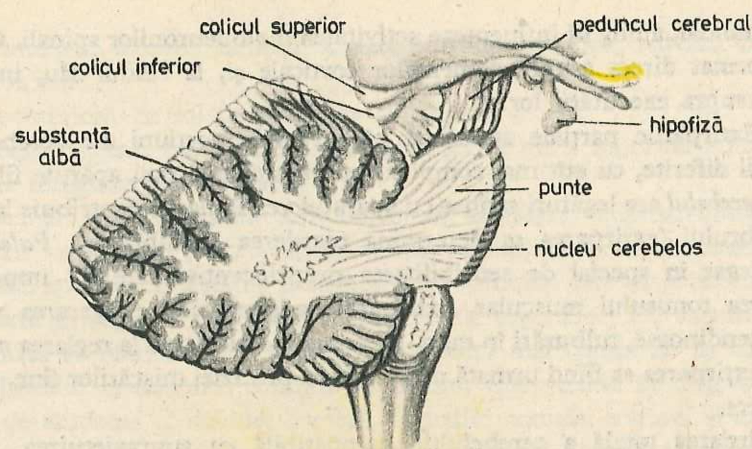


Fig. 15. Cerebelul — secţiune.

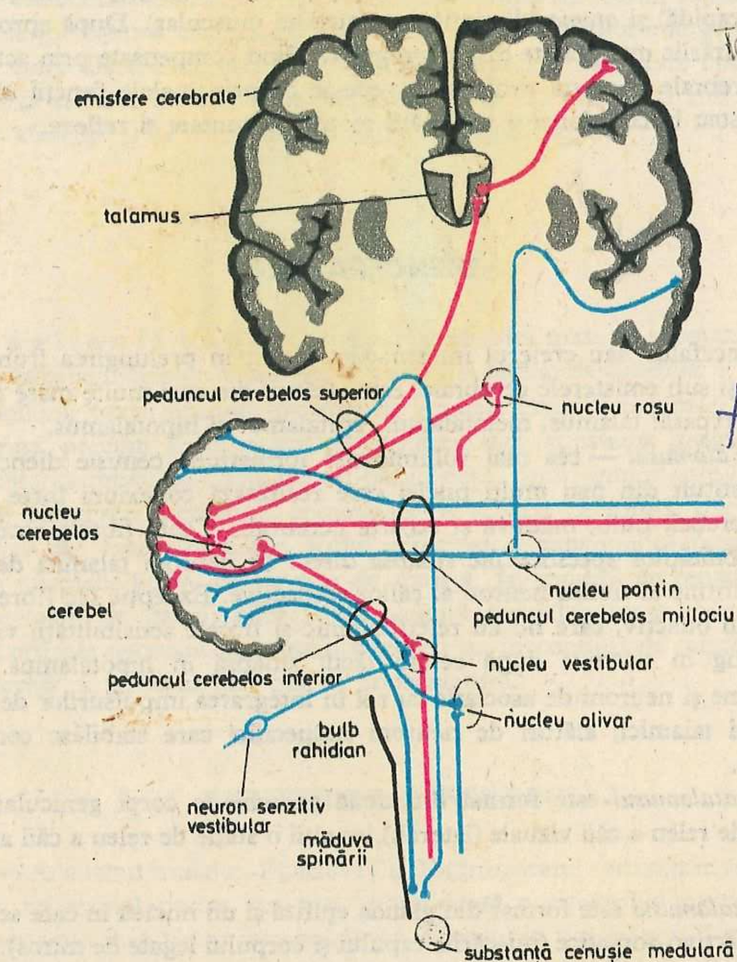


Fig. 16. Relaţiile nervoase ale cerebelului.

extrapiramidal, ajung să influenţeze activitatea motoneuronilor spinali. Cerebelul este informat direct asupra comenzilor corticale şi, la rîndul său, informează scoarţa asupra executării lor.

Extirpările parţiale au arătat că diversele porţiuni ale cerebelului au funcţii diferite, cu atît mai complexe cu cît sînt mai nou apărute filogenetic. *Arhicerebelul* are legături strînse cu aparatul vestibular şi contribuie la reglarea echilibrului (extirparea sa determină pierderea echilibrului). *Paleocerebelul* este legat în special de sensibilitatea proprioceptivă, are rol important în reglarea tonusului muscular, extirparea sa provocînd exagerarea reflexelor osteotendinoase, tulburări în mers. *Neocerebelul* participă la reglarea mişcărilor fine, extirparea sa fiind urmată de pierderea preciziei mişcărilor fine, tulburări în mers.

Extirparea totală a cerebelului, compatibilă cu supravieţuirea, provoacă în primele zile tulburări grave motorii. Ulterior, se instalează *astazia* (imposibilitatea de a sta în picioare dacă nu există o bază de susţinere largă), *astenia* (oboseală musculară rapidă) şi *atonia* (diminuarea tonusului muscular). După aproximativ o lună tulburările menţionate dispar progresiv, fiind compensate prin activitatea scoarţei cerebrale. Această evoluţie dovedeşte că principalele funcţii ale cerebelului constau în coordonarea activităţii motorii voluntare şi reflexe.

DIENCEFALUL

Diencefalul sau creierul intermediar, situat în prelungirea trunchiului cerebral şi sub emisferele cerebrale, este alcătuit din mai multe mase de substanţă nervoasă: talamus, metatalamus, epitalamus şi hipotalamus.

— *Talamusul* — cea mai voluminoasă formaţiune cenuşie diencefalică, este constituit din mai mulţi nuclei care realizează conexiuni între nucleii bazali, cerebel, bulb, măduvă şi scoarţa cerebrală. Toate fibrele ascendente ale sensibilităţilor specifice fac sinapsă direct cu neuroni talamici de releu, care constituie al treilea neuron al căilor respective. Excepţie fac fibrele analizatorului olfactiv, care nu au releu talamic şi fibrele sensibilităţii viscerale care ajung în talamus după ce au făcut sinapsă în hipotalamus. Talamusul conţine şi neuroni de asociaţie cu rol în integrarea impulsurilor de la mai mulţi nuclei talamici, alături de neuroni nespecifici care stabilesc conexiuni subcorticale.

— *Metatalamusul* este format din două perechi de corpi geniculaţi, unii fiind staţie de releu a căii vizuale (laterali), iar alţii o staţie de releu a căii acustice (mediali).

— *Epitalamusul* este format din glanda epifiză şi un nucleu în care se închid reflexele olfactivo-somatice (mişcările capului şi corpului legate de miros).

— *Hipotalamusul*, situat la baza diencefalului, sub talamus, este constituit din mai mulţi nuclei:

— anteriori, ai căror neuroni secretă hormoni ce se depozitează în hipofiza posterioară;

— posteriori, cu rol de integrare simpatică, şi

— mijlocii, care controlează activitatea secretorie a hipofizei anterioare, cu rol de integrare parasimpatică.

Funcţiile hipotalamusului sînt extrem de complexe. Hipotalamusul este un centru important pentru unele reflexe complexe comportamentale şi emoţionale apărute ca răspuns la stimuli neobişnuiţi şi este un «punct nodal», intervenind în reglarea funcţiilor vegetative ale organelor. De asemenea, în hipotalamus se realizează integrarea unor reacţii mai complexe de adaptare a organismului la anumite condiţii de mediu, intervenind în termoreglare, aportul de alimente şi lichide, diureză, funcţiile sexuale, somnul şi anumite stări emoţionale (frica şi furia). Prin legătura dintre hipotalamus şi glanda hipofiză se realizează controlul sistemului nervos asupra activităţii multor glande endocrine. Controlînd activitatea sistemului endocrin, hipotalamusul intervine în reglarea circulaţiei, respiraţiei, metabolismului energetic, echilibrului hidro-electrolitic etc. La rîndul său, hipotalamusul este controlat de către scoarţa emisferelor cerebrale, unde se efectuează analiza şi sinteza fină a diverselor aferenţe şi se elaborează reacţiile corespunzătoare.

GANGLIONII BAZALI

Ganglionii bazali (nucleii bazali) sînt mase de substanţă cenuşie situate la baza emisferelor cerebrale, deasupra şi lateral de talamus.

Ganglionii bazali primesc aferenţe de la unele cîmpuri corticale, talamus şi hipotalamus, precum şi de la nucleii mezencefalici (substanţa neagră, nucleul roşu, substanţa reticulată). Ganglionii bazali deţin roluri importante în reglarea motilităţii automate, stereotipe, comandată de scoarţa cerebrală, participînd la constituirea căii extrapiramidale. Rolul principal al ganglionilor bazali este de a modula mişcările active comandate de scoarţă. În condiţii de repaus influenţele inhibitoare ale ganglionilor bazali asigură repartiţia egală a impulsurilor motorii corticale necesare menţinerii poziţiei, iar în condiţii de mişcare, repartiţia adecvată a impulsurilor pentru musculatură.

EMISFERELE CEREBRALE

— Analizînd mulajul, figurile 17 şi 18, preparatul formolizat, veţi observa că ele reprezintă partea cea mai voluminoasă a sistemului nervos central. Sînt separate prin *fisura interemisferică* şi legate în partea bazală prin formaţiuni de substanţă albă: *corpul calos, trigonul cerebral, comisurile albe anterioară* şi *posterioară*. Fiecare emisferă cerebrală are trei feţe: convexă, externă (în raport

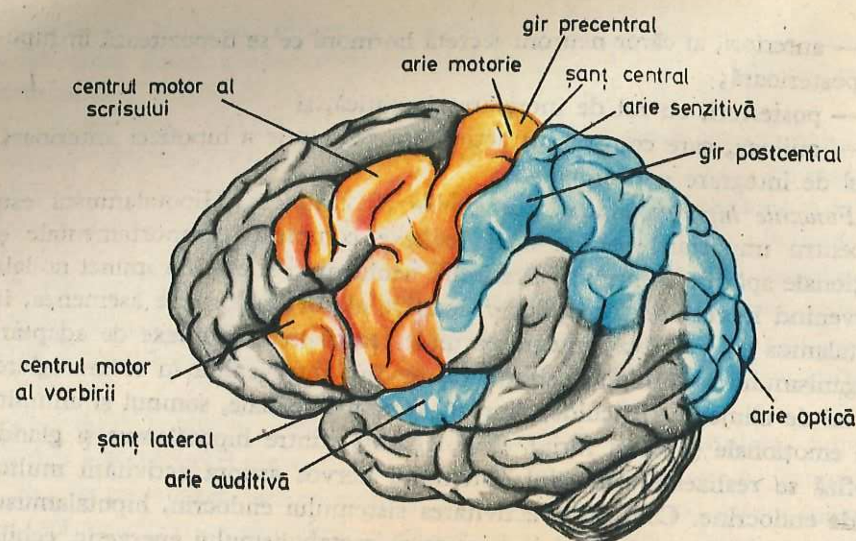


Fig. 17. Localizări corticale (fața supero-laterală).

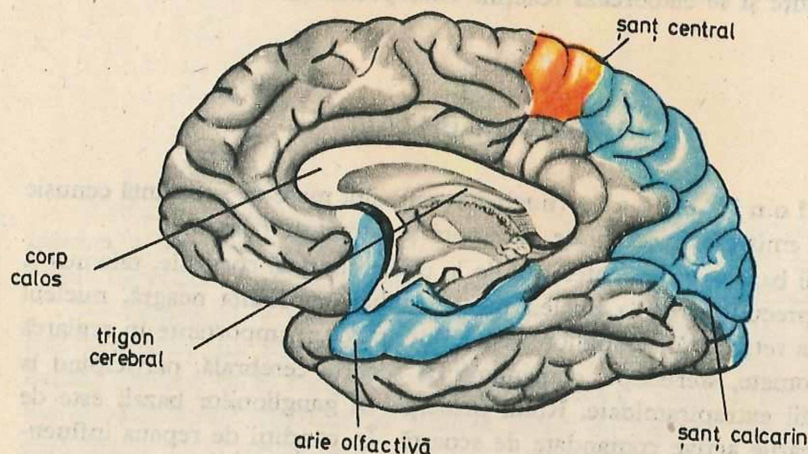


Fig. 18. Localizări corticale pe fața medială.

cu bolta craniului), medială, internă, și bazală. Fețele emisferelor cerebrale sînt brăzdate de numeroase *șanțuri*. Unele, mai adînci (lateral — Sylvius; central — Rolando) delimitează *lobi* (frontal, parietal, temporal, occipital) iar altele, superficiale, delimitează *girusuri* sau circumvoluții cerebrale (precentral, postcentral, hipocampic etc.). De asemenea, se descriu diferite *arii corticale*, fără o delimitare prea netă, utile pentru identificarea localizărilor corticale, vizibile în figurile 17 și 18.

S t r u c t u r a l, emisferele cerebrale sînt alcătuite din substanță cenușie dispusă la suprafață formînd scoarța cerebrală și substanță albă la interior, alcătuită din fibre de asociație, comisurale și de proiecție.

S c o a r ț a   c e r e b r a l ă este segmentul cel mai dezvoltat al SNC la om. La nivel cortical ajung toate informațiile și de aici pornesc comenzile pentru activitatea motorie. Scoarța cerebrală reprezintă segmentul superior de integrare al organismului ca un tot unitar în echilibru dinamic cu mediul înconjurător.

Pe baza dezvoltării filogenetice și a organizării structurale scoarța cerebrală prezintă: *paleocortexul*, porțiunea cea mai veche, constituit doar din două straturi celulare (receptor și efector) și *neocortexul*, de 12 ori mai dezvoltat la om și cu structură mult mai complexă, în cea mai mare parte constituit din 6 straturi celulare.

A. *Paleocortexul (lobul* sau *sistemul limbic)* este constituit dintr-un inel de țesut nervos care înconjură hilul fiecărei emisfere cerebrale și în care se găsesc, în special, formațiuni nervoase legate de simțul mirosului.

Sistemul limbic deține însă și alte importante funcții: zonă de proiecție primară și de integrare a aferențelor olfactive, centru de reglare a activității vegetative în strînsă corelație cu hipotalamusul, cu care constituie o unitate funcțională, centrul unor mișcări somatice legate de actul alimentației (masticație, supt, deglutiție), al unor reajustări grosolane coordonate prin sistemul extrapiramidal; sistemul limbic intervine și în: reglarea aportului alimentar prin controlul centrilor hipotalamici ai foamei și sațietății, reglarea activității sexuale, menținerea atenției, coordonarea funcțiilor emoționale și a comportărilor instinctuale (frică, furie, asociate cu fenomene vegetative), centrul unor reflexe condiționate mai simple (apărarea la un stimul dureros etc.).

B. *Neocortexul*, porțiunea cea mai recentă filogenetic, cuprinde restul țesutului cortical, în afara sistemului limbic, atingînd la om o dezvoltare și o organizare incomparabile cu ale oricărui animal.

Prin diverse metode de studiu, s-a ajuns la concluzia că anumite zone corticale recepționează informațiile aferente senzitivo-senzoriale (neocortexul receptor sau senzitiv), altele controlează motilitatea voluntară (neocortexul motor sau efector), iar altele asociază aceste funcții (neocortexul de asociație).

Neocortexul receptor este reprezentat de zona de proiecție corticală a diferitelor sensibilități specifice. În girusul postcentral din lobul parietal (aria somestezică I) se află zona în care se proiectează fibrele talamice care conduc impulsurile sensibilității cutanate și proprioceptive conștiente, fiecare zonă a corpului avînd o proiecție corticală. Proiecția corticală senzitivă reprezintă un fel de om — *homunculus senzitiv* — (fig. 19), avînd componentele deformate din cauză că reprezentarea diverselor regiuni ale corpului nu este proporțională cu suprafața ci cu importanța lor, cele mai întinse reprezentări corticale avînd zonele cu sensibilitatea cea mai mare (buzele, limba, mîna etc.).

Aria somestezică I este conectată funcțional cu aria motorie învecinată, de aceea stimularea ei produce în 20% din cazuri, răspunsuri motorii, iar stimu-

larea ariei motorii este urmată uneori de reacții senzitive. Aceste constatări au dus la concluzia că ariile corticale primare, senzitive și motorii, constituie o unitate funcțională — *aria senzitivo-motorie*.

În peretele superior al șanțului lateral s-a descris o arie somestezică secundară (II) unde se face, probabil, proiecția sensibilității protopatice.

Sensibilitățile speciale sînt proiectate în diferite arii senzoriale (v. fig. 17, 18). Astfel, *sensibilitatea vizuală* are aria de proiecție primară în lobul occipital, *ariile auditive* se află în lobul temporal, *aria gustativă* se află în apropierea zonei de proiecție somestezică a feței, *aria olfactivă* este localizată pe fața medială a emisferelor cerebrale, *aria de proiecție a echilibrului*, în partea posterioară a primei circumvoluții temporale, iar *sensibilitatea viscerală* se proiectează în toată zona somestezică.

Neocortexul motor reprezentat în figura 17 cuprinde ariile corticale de unde pornesc axonii căilor motorii piramidale și unii axoni ai căilor extrapiramidale.

— Aria motorie principală se află în peretele anterior al șanțului central și în porțiunea adiacentă a girului precentral, aici avînd originea aproximativ un sfert din fibrele care constituie căile piramidale. Neuronii din aria motorie principală controlează motilitatea voluntară rapidă, precisă și coordonată a musculaturii scheletice din partea opusă a corpului. Reprezentarea corticală în aria motorie principală este similară celei senzitive — *homunculus motor* — (fig. 20), musculatura implicată în efectuarea unor mișcări mai fine (musculatura mîinii etc.) fiind mult mai larg reprezentată comparativ cu musculatura altor regiuni (trunchi, membrul inferior etc.).

Fibrele eferente vegetative au o reprezentare corticală asemănătoare celei motorii somatice.

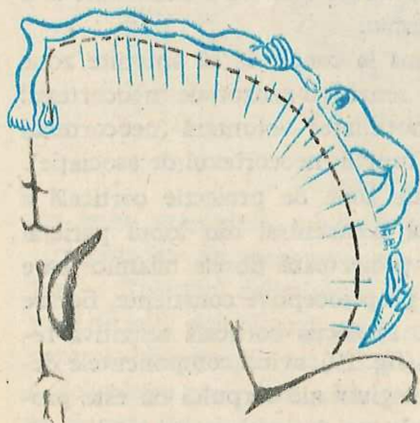


Fig. 19. Homunculus senzitiv.

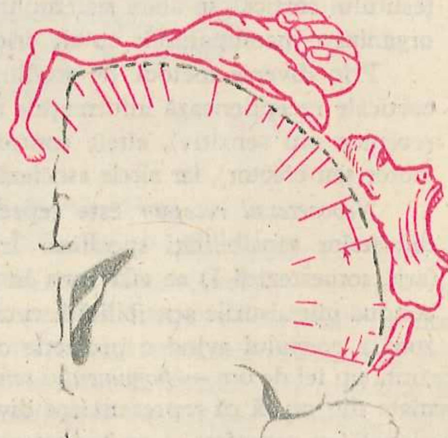


Fig. 20. Homunculus motor.

Neocortexul de asociație este constituit din zone mai nou apărute filogenetic, a căror excitare nu produce manifestări senzitive sau motorii. În creierul uman există trei asemenea zone: prefrontală, temporală și parieto-occipitală. Zona de asociație prefrontală primește proiecții de la talamus, la rîndul său legat de hipotalamus, și are în mare parte funcție vegetativă, excitarea ei provocînd modificări circulatorii, gastrointestinale, renale etc. Dar, această zonă corticală deține și o funcție de sinteză, la om fiind legată de determinarea personalității. Aria de asociație temporală are legătură în special cu memoria vizuală, dar și cu anumite reacții emoționale și cu controlul activității sexuale. Dezvoltarea mare a ariilor de asociație la primate și la om demonstrează că aceste zone au funcții mult mai complicate decît realizarea interconexiunii regiunilor corticale.

Prin extirpări și stimulări ale diferitelor zone corticale s-a precizat localizarea corticală a unor funcții (motorie, senzitivă, vizuală etc.), dar funcțiile „superioare" ale sistemului nervos și, în special procesele psihice complexe, sînt încă puțin cunoscute.

PROCESE CORTICALE FUNDAMENTALE

Viața psihică umană este considerată a fi rezultatul a 3 compartimente, strîns legate între ele: *compartimentul de cunoaștere* (gîndirea, atenția, orientarea, învățarea, memoria etc.) cu ajutorul căreia omul cunoaște realitatea și pătrunde în descifrarea legilor ei, *compartimentul afectiv*, constituit din trăirile, emoțiile, sentimentele și pasiunile pe care omul le încearcă în viață și *compartimentul volițional*, constînd din totalitatea hotărîrilor, deciziilor și în perseverența îndeplinirii lor. Aceste aspecte deosebit de importante ale activității superioare, care asigură corelații optime ale organismului cu mediul fizico-biologic și social, au fost încă puțin studiate de fiziologi. Cu toate acestea, Secenov (1863) a susținut că activitatea emisferelor cerebrale este reflexă și că diversele funcții corticale, de la mișcările voluntare la gîndirea abstractă, reprezintă răspunsuri ale organismului la acțiunea unor stimuli externi. I.P. Pavlov a demonstrat experimental aceste afirmații, arătînd că la baza activității corticale stau reflexele condiționate, datorită cărora organismul se adaptează permanent și adecvat la condițiile în continuă schimbare ale mediilor extern și intern.

— **Reflexele condiționate** (RC), studiate de I.P. Pavlov cu ocazia cercetărilor asupra reglării secreției salivare, se elaborează în cursul vieții individuale și reprezintă un important mecanism de învățare.

Reflexul condiționat (RC) este un răspuns determinat de un excitant inițial indiferent (EI), după ce acesta a coincis de mai multe ori în timp cu un stimul necondiționat (EN) care produce în mod normal un răspuns înnăscut. De exemplu, sunetul unui clopoțel înainte de alimentarea animalului, după mai

multe asocieri, ajunge să producă salivaţie chiar în lipsa excitantului necondiţionat (alimentaţia) deci, a devenit un excitant condiţionat (EC). Un număr imens de fenomene somatice sau viscerale pot fi provocate pe cale reflex condiţionată, deoarece orice agent care stimulează un receptor poate deveni EC.

Mecanismul elaborării RC după Pavlov ar consta în stabilirea unor conexiuni funcţionale între focarele de excitaţie corticală ale celor doi stimuli care coincid (EC şi EN), excitaţia iradiind spre focarul mai puternic (EN).

RC, fiind o legătură temporară stabilită între acţiunea unui excitant din mediul intern sau extern şi o anumită funcţie a organismului, se menţine atîta timp cît stimulul semnalizează scoarţei o anumită modificare la care organismul trebuie să se adapteze. De aceea, cînd stimulul îşi pierde semnificaţia de semnal, încetează de a mai fi un EC şi nu mai declanşează reacţia condiţionată, fenomen denumit inhibiţie corticală.

Inhibiţia corticală poate fi *internă* sau *externă*, după cum agentul determinant acţionează din interiorul sau din afara focarului de excitatie corticală.

— *Inhibiţia internă* (condiţionată sau activă), specifică scoarţei cerebrale, poate fi de mai multe tipuri, în funcţie de mecanismul de producere. Astfel, aplicarea repetată a EC, fără a fi întărit de EN, este urmată de diminuarea pînă la dispariţia efectului reflex, proces denumit *inhibiţie prin stingere*. În timpul elaborării unui RC, răspunsul reflex este declanşat nu numai de către EC, dar şi de stimuli asemănători, iar întărirea numai a EC permite după un timp ca animalul să poată face diferenţieri extrem de fine (de exemplu, poate să răspundă la un sunet de 800 Hz dar nu şi la unul de 812 Hz). Eliminarea răspunsurilor la alţi stimuli în afară de EC este denumită *inhibiţie de diferenţiere*. Pentru a se elabora un RC trebuie ca EC să preceadă EN, între cei doi excitanţi existînd un anumit interval de timp. Dacă se măreşte acest interval, răspunsul la EC apare după o perioadă de latenţă mai lungă, proces denumit *inhibiţie de întîrziere*. Dacă după elaborarea unui RC la un anumit stimul, concomitent cu EC acţionează repetat un nou stimul şi această asociere nu este întărită, după un timp efectul condiţionat diminuă, ca urmare a instalării *inhibiţiei condiţionate*.

— *Inhibiţia externă* (necondiţionată sau pasivă) apare atunci cînd în timpul elaborării RC sau al desfăşurării unei anumite reacţii condiţionate, intervine un alt stimul necunoscut care inhibă RC deoarece inhibă focarul cortical al EC — prin inducţie negativă. Un tip special de inhibiţie externă este cea *supraliminară*, care apare ca urmare a unui excitant foarte puternic, sau cînd se repetă timp îndelungat un EC şi are rolul de a proteja celulele corticale de acţiunea nocivă a excitantului.

SOMNUL

Somnul este starea fiziologică periodică, reversibilă, caracterizată prin inactivitate somatică şi abolirea temporară a conştienţei, care poate fi însă restabilită rapid şi complet prin stimuli adecvaţi. Somnul, cu durată variabilă pentru un anumit subiect (la adult în medie 7—8 ore), alternează cu starea de veghe, constituind *ritmul nictemeral*. Acest bioritm este de natură endogenă, fiind controlat de anumite arii nervoase cu localizare probabil hipotalamică, dar un rol important au şi factorii exogeni. Întreruperea tuturor aferenţelor senzitivo-senzoriale, prin blocarea medicamentoasă sau secţionarea sistemului reticulat activator ascendent cu proiecţie difuză corticală, provoacă o stare de somn aproape continuu. Dar, somnul fiziologic nu este un fenomen pasiv, datorat întreruperii stării de veghe din cauza scăderii aferenţelor, ci o inhibiţie activă, aşa cum a susţinut dealtfel şi Pavlov.

În timpul somnului, în afara abolirii stării de conştienţă, se produc o serie de modificări funcţionale: scade frecvenţa respiraţiilor şi ventilaţia pulmonară, scade frecvenţa cordului şi tensiunea arterială, scade activitatea renală şi peristaltismul intestinal, se reduce tonusul muscular etc.

Somnul este necesar pentru menţinerea funcţionalităţii normale a sistemului nervos.

Cercetări efectuate pe oameni la care s-a împiedicat somnul timp de cîteva zile au arătat că anumite activităţi care solicitau o încordare mai mare se efectuau defectuos, iar după privări de somn mai îndelungate au fost menţionate modificări comportamentale şi chiar biochimice.

Iradierea, concentrarea şi inducţia proceselor corticale au loc permanent, deoarece cele două procese fundamentale corticale — excitaţia şi inhibiţia — sînt într-o continuă mişcare şi, după o iniţială iradiere, se concentrează în focarul iniţial şi influenţează activitatea zonelor învecinate. Studii mai ample s-au făcut în special asupra procesului de inhibiţie care, odată apărut într-un focar cortical, se extinde pe o zonă variabilă în funcţie de intensitatea stimulului: cînd stimulul nu este prea puternic iradierea nu depăşeşte proiecţia corticală a analizatorului respectiv, iar cînd este foarte intens, inhibiţia iradiază larg pe scoarţă, cuprinzînd şi etajele subcorticale.

Între excitaţia şi inhibiţia corticală există relaţii de interdependenţă, denumite *inducţie reciprocă*. Orice proces cortical în faza de concentrare determină o modificare de sens invers în zonele corticale din jurul său, excitaţia determină inhibiţie şi invers. Inducţia limitează iradierea proceselor de excitaţie şi inhibiţie şi este proporţională cu intensitatea agentului care a determinat procesul cortical.

Iradierea, concentrarea şi inducţia reciprocă sînt procese care se intercondiţionează şi din interacţiunea lor rezultă complexitatea funcţională a activităţii nervoase superioare.

ÎNVĂŢAREA ŞI MEMORIA

Învăţarea şi memoria reprezintă caracteristici fundamentale ale SNC, întregul nostru comportament fiind un proces învăţat, suprapus şi dezvoltat pe baza unor reflexe necondiţionate. Funcţiile psihice atît de complexe ale omului sînt determinate nu numai de un program ereditar, dar mai ales printr-un proces de învăţare permanentă, în cadrul relaţiilor omului cu mediul înconjurător şi în special cu cel social.

— **Învățarea** este în strînsă dependență cu alte procese cerebrale, mai ales, cu atenția și starea de activitate corticală, care fac scoarța capabilă să primească și să prelucreze informațiile astfel încît, la o reîntîlnire cu același stimul, reacția declanșată să fie în concordanță cu cele întîmplate anterior. La om învățarea poate avea loc și fără un stimul extern, evocînd mintal evenimente și stabilind raporturi logice noi între noțiuni, memorarea, stocarea informațiilor fiind obligatorie pentru orice învățare.

Învățarea este legată de activitatea scoarței cerebrale, sediul mecanismelor care pot efectua cele mai rapide și mai fine diferențieri ale stimulilor și selecția adecvată a răspunsurilor. Scoarța cerebrală este, de asemenea, sediul stocării și comparării datelor existente în memorie cu cele transmise pe diferitele canale informaționale, procesul învățării avînd loc numai dacă informațiile primite se deosebesc de cele stocate sau de experiența anterioară a subiectului. La procesul învățării participă și alte regiuni ale SNC: sistemul limbic, talamusul și formațiunea reticulată, deoarece prin intermediul lor se transmit scoarței informațiile senzitive și senzoriale.

Mecanismele învățării, extrem de complexe, sînt atît nervoase cît și umorale. Mecanismele nervoase fundamentale ale învățării sînt: *condiționarea clasică pavlovistă*, avînd la bază elaborarea unor RC, tipul cel mai simplu și mai general de învățare, și *condiționarea operantă*, care intervine atunci cînd în mod voit, printr-o anumită activitate, se obține o recompensă sau se evită o pedeapsă. Ambele mecanisme se bazează pe procesul de diferențiere și sînt modificate prin experiență, devenind importante pentru învățare numai în măsura în care apare o schimbare datorită experienței.

Substratul morfologic al procesului de învățare nu este încă precizat. Se presupune că învățarea implică formarea unor conexiuni sinaptice, deoarece stimularea repetată a unor structuri nervoase produce creșterea numărului dendritelor și umflarea terminațiilor, creșterea diametrului și alungirea terminațiilor axonilor. Contactul strîns între neuroni și celulele gliale, ca și numărul imens al celor din urmă, au sugerat ipoteza că celulele gliale s-ar interpune între neuroni, formînd „punți" sinaptice, care favorizează transmiterea neuro-neuronală. Aceste ipoteze sînt întărite de constatarea creșterii ARN în celulele neuronale activate și scăderea sa în celulele gliale. Altă ipoteză susține că impulsul nervos ar activa anumite sisteme enzimatice în neuronii prin care trece, modificînd sinteza unor peptide care ar constitui suportul învățării și al memoriei.

— **Memoria** — capacitatea sistemului nervos de fixare, conservare, recunoaștere și evocare a experienței umane — este un proces de reflectare selectivă, activă și inteligentă a experienței acumulată anterior. Memoria stă la baza procesului învățării, care este o activitate complexă ce implică, în afara memoriei, și alte procese cerebrale.

Cercetările efectuate la om au demonstrat că nu există o localizare strictă a memoriei, deși anumite zone corticale par a deține o importanță mai mare,

în special lobii frontali și temporali, sistemul limbic și anumite formațiuni subcorticale.

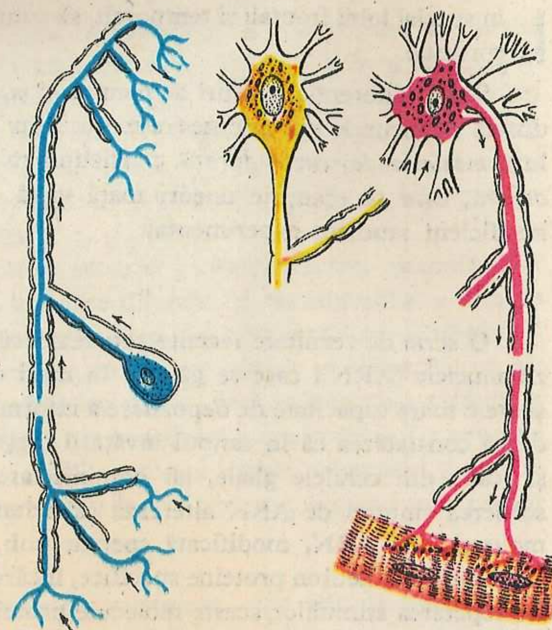
Se pot diferenția 3 tipuri de memorie: *memoria de reținere momentană*, avînd durată de secunde sau minute (reținerea unui număr de telefon pînă la formarea lui), *memoria de scurtă durată*, persistînd minute sau ore și *memoria de lungă durată*, care se menține uneori toată viața. Mecanismele memoriei sînt încă insuficient studiate experimental.

O serie de rezultate recente sugerează că „molecula memoriei" ar fi acidul ribonucleic (ARN), care se găsește în mari cantități în toate celulele nervoase și are o mare capacitate de depozitare a informațiilor codificate. În acest sens pledează constatarea că în timpul învățării crește cantitatea de ARN din neuroni și scade din celulele gliale, iar administrarea unor substanțe care determină scăderea sintezei de ARN alterează capacitatea de memorizare. Sub influența moleculei de ARN, modificată specific sub acțiunea unui anumit stimul, se sintetizează în neuron proteine specifice, încărcate cu informația corespunzătoare. La repetarea stimulilor, aceste molecule proteice se disociază rapid, determinînd excitarea neuronilor respectivi, stare care se răspîndește apoi la neuronii învecinați, pînă ajunge în cîmpul conștienței.

— **Motivația** deține un rol important în memorizarea, repetarea și fixarea datelor. Prin motivație se înțelege totalitatea cauzelor care pot duce la o decizie comportamentală, începînd cu informarea SNC prin semnale externe sau interne. Centrii motivației, situați în sistemul limbic și hipotalamus, sub influența stimulilor adecvați, determină atît o anumită stare emoțională cît și răspunsuri somatomotorii și vegetative.

Cercetările experimentale efectuate pe animale care aveau în prealabil implantați electrozi în anumite părți ale creierului, introduse într-o cușcă în care se găsea o pedală care apăsată descărca un stimul, au arătat că, în funcție de sediul electrodului, uneori animalul apăsa pe pedală pînă la epuizarea sa, iar alteori evita atingerea pedalei. Punctele a căror excitație produce senzații plăcute animalului — dovadă fiind apăsarea pe pedală de mii de ori pe oră — sînt situate într-o zonă nervoasă care se întinde din profunzimea șanțului lateral, prin hipotalamus, la segmentul mezencefalic și este denumită sistemul de recompensă sau de apropiere, iar punctele a căror stimulare este evitată se găsesc în partea laterală a hipotalamusului posterior, în mezencefalul dorsal și cortexul limbic și constituie sistemul de pedeapsă sau de evitare. Cercetări efectuate pe oameni cu electrozi implantați, au arătat că stimularea anumitor puncte determină senzații plăcute de „înlăturare a tensiunii", „de liniște și relaxare", iar stimularea altor puncte produce senzații de frică, teroare etc.

Fig. 21. Componentele arcului reflex.



Temă

Analizați figura 21 și precizați:
— tipurile de neuroni;
— locul de formare a influxului nervos;
— sensul de transmitere;
— tipul efectorului.

SISTEMUL NERVOS VEGETATIV

Sistemul nervos vegetativ (SNV) este acea parte a sistemului nervos care coordonează activitatea viscerală, inconștientă. Deși SNV este separat periferic, la nivelul formațiunilor nervoase superioare există o strînsă îmbinare între funcțiile vegetative și cele somatice. Aceste corelații apar foarte net, în special cu ocazia adaptării organismului la diferite variații ale mediului intern și extern, cînd se produc concomitent atît modificări somatice cît și viscerale.

Pe baza unor criterii morfofuncționale se consideră că SNV este format din două porțiuni — simpaticul și parasimpaticul. Cele mai multe organe primesc o inervație vegetativă dublă și antagonică. Așa, de exemplu, cordul are atît inervație simpatică, cu efecte stimulatoare asupra proprietăților fundamentale ale miocardului, cît și inervație parasimpatică, cu efecte inhibitoare. În realitate cele două componente vegetative acționează complementar, în sensul că stimularea unui segment vegetativ este însoțită de diminuarea activității celuilalt. În alte organe simpaticul și parasimpaticul exercită efecte de același tip; așa, de exemplu, stimularea secreției salivare, dar aceste efecte sînt diferite, atît cantitativ cît și calitativ.

— Urmărind și observînd figura 22, veți constata că SNV este organizat structural, la fel ca și cel somatic, avînd: terminații receptoare viscerale, căi aferente specifice, centri de integrare situați la diferite niveluri și căi eferente către efectorii viscerali (fibrele musculare netede și celulele glandulare). Existența arcului reflex vegetativ dovedește că activitatea funcțională a SNV are la bază mecanismul reflex, ca și sistemul nervos somatic (fig. 23).

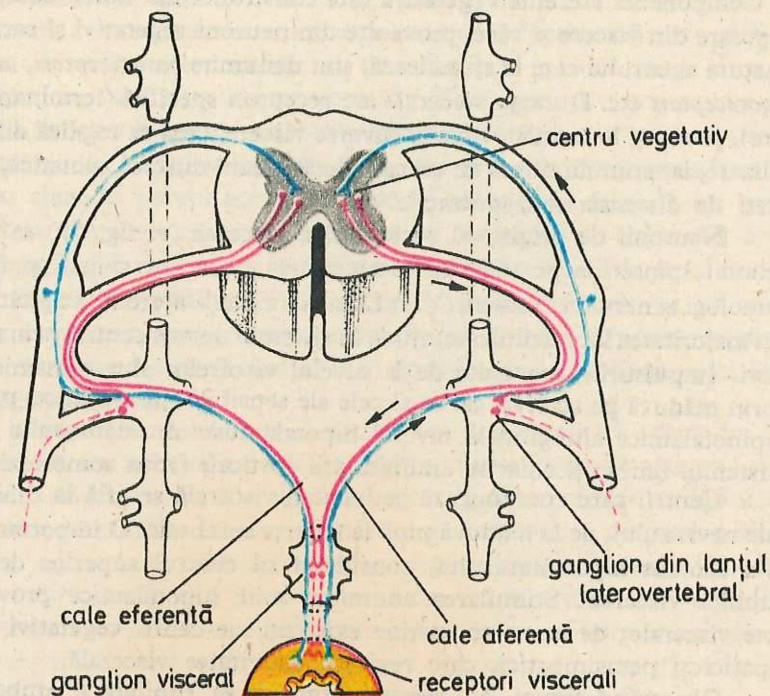


Fig. 22. Arcul reflex vegetativ simpatic. —> toracică lombară

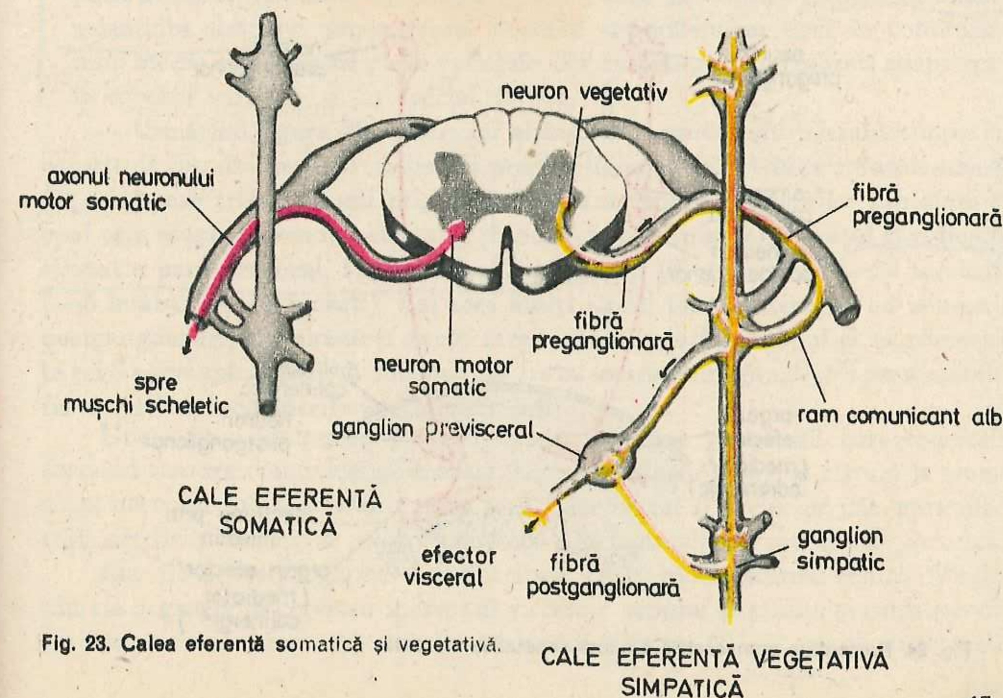


Fig. 23. Calea eferentă somatică și vegetativă.

Componenta aferentă vegetativă este constituită din numeroasele terminații receptoare din viscere și vase, provenite din neuroni vegetativi și care, în funcție de natura agentului care le stimulează, sînt denumite *baroreceptori*, *osmoreceptori*, *chemoreceptori* etc. Durerea viscerală are receptori specifici (terminațiile nervoase libere), prezenți în număr redus în diverse viscere, ceea ce explică dificultățile de localizare, iar stimulii diferă de cei care declanșează durerea somatică, fiind reprezentați de distensie sau contracție.

Neuronii de origine ai receptorilor viscerali (v. fig. 22) se află în ganglionii spinali de pe rădăcina posterioară a nervilor spinali și în ganglionii omologi ai nervilor cranieni (VII, IX și X). Fibrele aferente vegetative, groase și în majoritatea lor mielinizate, ajung în sistemul nervos central prin nervi vegetativi. Impulsurile provenite de la nivelul viscerelor sînt transmise ascendent prin măduvă pe aceleași căi ca și cele ale sensibilității somatice, prin tracturile spinotalamice ajungînd la nivelul hipotalamusului, talamusului și de aici la sistemul limbic și chiar în anumite arii corticale (zona somestezică).

Centrii care coordonează activitatea viscerală se află la diferite niveluri ale nevraxului, de la măduvă pînă la scoarța cerebrală. O importanță deosebită s-a acordat hipotalamusului, considerat ca centrul superior de integrare a stimulilor viscerali. Stimularea anumitor zone hipotalamice provoacă variate efecte viscerale; de aceea se susține existența de centri vegetativi hipotalamici simpatici și parasimpatici, care reglează activitatea viscerală.

— Observînd figura 24, sesizați organizarea similară a ambelor componente vegetative, dar și anumite diferențe. Astfel, eferența simpatică și parasimpatică se realizează prin doi neuroni, primul, denumit *preganglionar*, se găsește în nevrax, la nivelul coloanei medulare toracolombare pentru simpatic și în segmentele bulbo-mezencefalic și sacrat pentru parasimpatic. În cazul fibrelor simpatice, axonii acestor neuroni sînt fibre mielinice mai scurte, care fac sinapsa în ganglionii latero-vertebrali. Fibrele parasimpatice sînt lungi și fac sinapsă în ganglionii situați în apropiere de structurile inervate (ganglioni previscerali) sau chiar în pereții acestora, unde se găsește cel de-al II-lea neuron efector. Fibrele preganglionare parasimpatice au conexiuni cu un număr limitat de neuroni ganglionari și de aceea acțiunile parasimpatice sînt limitate și discrete. În schimb, fibrele preganglionare simpatice se termină fiecare pe un număr de peste 30 neuroni postganglionari, ceea ce explică efectele difuze ale stimulării simpaticului, la aceasta contribuind și medulosuprarenala, similară unui imens ganglion simpatic periferic.

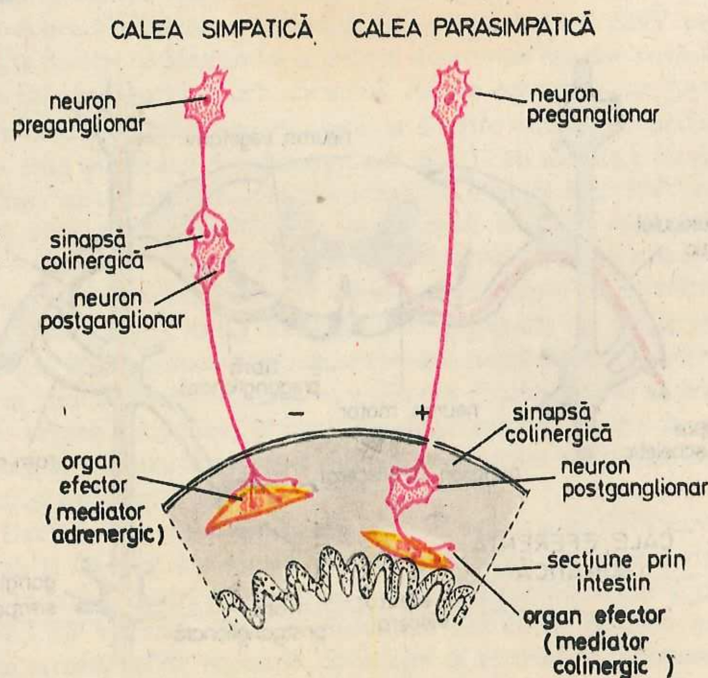


Fig. 24. Prezentare comparativă a căilor vegetative eferente.

Fibrele postganglionare (axoni ai neuronilor din ganglionii vegetativi unde s-a făcut sinapsa) sînt subțiri, amielinice, scurte în cazul parasimpaticului și mai lungi în cazul simpaticului. Ele se distribuie organelor efectoare, influențînd tonusul fibrelor musculare netede și activitatea secretorie a diverselor glande. Aceste efecte se datoresc eliberării unor mediatori chimici specifici la nivelul zonelor de contact cu fibrele musculare netede sau cu celulele glandulare. — Acești mediatori sînt: noradrenalina și adrenalina în cazul fibrelor postganglionare simpatice și acetilcolina, în cazul fibrelor postganglionare parasimpatice.

Sistemul nervos simpatic intervine permanent în menținerea tonusului arteriolar și al altor activități vegetative. Dar, rolul său important se evidențiază în special în situații neobișnuite, periculoase, cînd pune în condiții optime organismul pentru „fugă sau luptă". Extirparea totală a lanțului simpatic paravertebral permite supraviețuirea doar în condițiile unui mediu cu constante puțin variabile, dar nu mai poate fi realizată adaptarea la condiții variabile și, în special, la frig.

— Urmărind figura 25, observați alcătuirea segmentului eferent simpatic, constituit din doi neuroni: neuronii preganglionari din măduva toracolombară (T_1—L_3) care trimit axonii prin rădăcinile anterioare ale nervilor rahidieni și apoi prin ramurile comunicante albe (fiind fibre mielinizate) în lanțul ganglionar simpatic paravertebral, format din 22 ganglioni (3 cervicali, 10—12 toracali, 4—5 lombari, 4—5 sacrați). Cei mai mulți axoni fac aici sinapsa cu neuronii postganglionari, dar există și axoni care străbat acești ganglioni și se grupează în cei 3 nervi splanhnici, făcînd sinapsa fie cu neuroni din ganglionii previscerali, fie cu alți neuroni periferici (intramurali).

Unele fibre simpatice postganglionare părăsesc ganglionii paravertebrali formînd ramura comunicantă cenușie (fibre amielinice), care se alătură la trunchiul nervului spinal și se distribuie mușchilor netezi ai firelor de păr, musculaturii netede a vaselor de sînge, glandelor din tegument și mușchilor somatici.

Alte fibre postganglionare se distribuie efectorilor viscerali. Astfel, fibrele din cei 3 ganglioni cervicali inervează viscerele capului și gîtului și prin nervii cardiaci realizează inervația simpatică a inimii. Din cei 10—12 ganglioni toracali

pleacă fibre care participă la formarea plexurilor pulmonar, esofagian și aortic și prin nervii splanhnici fibrele care se distribuie musculaturii netede a organelor abdominale.

Din ganglionii lombari și sacrali pleacă fibre postganglionare la viscerele pelvine.

Sistemul nervos parasimpatic exercită acțiuni mai discrete, dar mult mai extinse comparativ cu cele ale simpaticului, intervenind în reglarea activității vegetative în condiții obișnuite de viață.

— **Observînd figura 25, veți constata că segmentul eferent parasimpatic, ca și cel simpatic, este constituit din doi neuroni cu topografie diferită, situați în nevraxul bulbo-mezencefalic (parasimpaticul cranian) și în nevraxul sacrat (parasimpaticul sacrat). Neuronii preganglionari ai parasimpaticului cranian se găsesc**

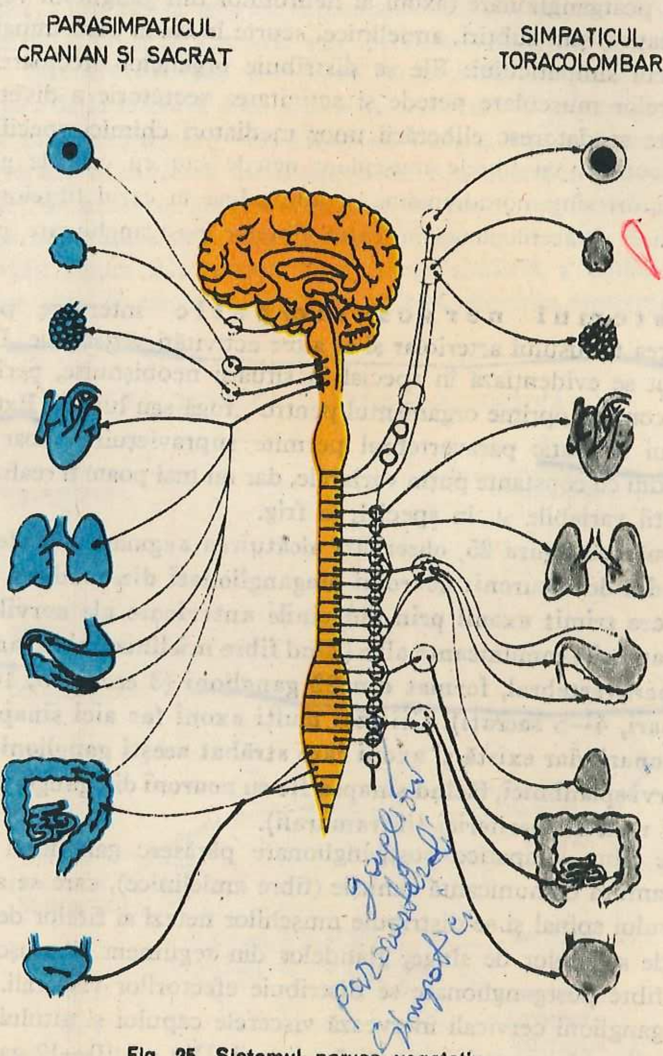


Fig. 25. Sistemul nervos vegetativ.

în centrii vegetativi ai trunchiului cerebral, în vecinătatea nucleilor de origine a unor nervi cranieni și axonii lor intră în constituția acestor nervi (III, VII, IX și X). Astfel, fibrele din nucleul oculomotorului, din nucleii lacrimal, salivator superior (din punte) și din nucleul salivator inferior (din bulb) merg prin nervii III, VII și IX, asigurînd inervația parasimpatică a musculaturii irisului, corpilor ciliari, glandelor lacrimale și salivare. De asemenea, în bulb se află nucleul dorsal al vagului, de unde pleacă cel mai important contingent de fibre parasimpatice, constituind nervii pneumogastrici sau vagi (X), care asigură inervația parasimpatică a organelor toracice și abdominale. Neuronii parasimpaticului sacrat se găsesc în segmentele medulare S_2—S_4. Axonii acestor neuroni formează nervii pelvici, care inervează segmentele terminale ale tubului digestiv, organele genitale interne și vezica urinară.

— Urmăriți principalele efecte exercitate de cele două segmente vegetative, redate în tabelul următor.

Nr. crt.	Organul inervat	Efectele stimulării simpaticului	Efectele stimulării parasimpaticului
1	2	3	4
1	Mușchii radiari ai irisului	Contracție urmată de dilatarea pupilei	—
2	Mușchii circulari ai irisului	—	Contracție, urmată de micșorarea pupilei
3	Mușchii ciliari	Contracția mușchilor radiari pentru vederea la distanță	Contracția mușchilor circulari pentru vederea de aproape
4	Glandele lacrimale	Vasoconstricție	Secreție și vasodilatație
5	Glandele salivare	Vasoconstricție. Secreție de salivă vîscoasă (mucină)	Vasodilatație. Secreție apoasă abundentă
6	Bronhii	Bronhodilatator	Bronhoconstrictor
7	Inimă și vase	Cardioaccelerator. Dilatator al vaselor coronare	Cardiomoderator. Coronaroconstricție
8	Stomacul și intestinul	Scăderea tonusului și motilității. Constricția sfincterelor	Creșterea tonusului și motilității. Relaxarea sfincterelor. Stimularea secreției

Nr. crt.	Organul inervat	Efectele stimulării simpaticului	Efectele stimulării parasimpaticului
1	2	3	4
9	Pancreas	—	Creşterea secreţiei endocrine şi exocrine
10	Vezica urinară	Relaxarea muşchiului vezical şi contracţia sfincterului vezical intern	Contracţia muşchiului şi relaxarea sfincterului
11	Vasele din tegument	Vasoconstricţie	Vasodilataţie în unele zone
12	Vasele din muşchi şi creier	Vasodilataţie Vasoconstricţie uşoară	—

TEME

— Prezentaţi comparativ actul reflex somatic cu actul reflex vegetativ.

— Prezentaţi schematic legăturile realizate de cerebel cu diferite formaţiuni nervoase, pentru menţinerea echilibrului.

— Explicaţi importanţa somnului pentru organism, în funcţie de vîrstă, activitatea desfăşurată şi starea fiziologică a organismului.

ANALIZATORII

Analizatorii sînt sisteme complexe şi unitare care au rolul de a recepţiona, conduce şi transforma în senzaţii specifice, excitaţiile adecvate primite din mediul extern sau intern. Ei contribuie la realizarea integrării organismului în mediu şi la coordonarea funcţiilor organismului.

Analizatorul este, deci, o formaţiune morfo-funcţională, alcătuită din trei segmente: periferic, de conducere şi central.

— **Segmentul periferic** (receptorul) este reprezentat de structuri specializate, stimulate specific de o anumită formă de energie, dar şi de alte forme de energie cînd acestea au intensităţi mult mai mari. Receptorii sînt terminaţii neuronale dendritice sau celule epiteliale specializate care transformă diferitele forme de energie ale agenţilor din mediu în potenţiale de acţiune.

În funcţie de situaţia lor topografică, receptorii sînt clasificaţi în:

— *exteroceptori*, care semnalizează proprietăţile obiectelor şi fenomenelor din afara organismului;

— *proprioceptori*, care informează asupra poziţiei şi mişcării corpului sau ale diverselor sale segmente;

— *interoceptori* (visceroceptori) care percep modificările biochimice survenite în diferite organe.

Stimulul adecvat, acţionînd asupra receptorului, determină o depolarizare nepropagată a suprafeţei membranei — *potenţial de receptor* — modificare a cărei intensitate depinde de cea a stimulului. Cînd potenţialul de receptor atinge un anumit nivel critic se descarcă un *potenţial de acţiune*, care se propagă de-a lungul fibrei nervoase conectată cu receptorul.

— **Segmentul intermediar** (de conducere) este alcătuit din căile nervoase, prin care impulsurile descărcate de receptori ajung pînă la centrii nervoşi superiori. Căile ascendente sînt directe sau indirecte. Pe calea directă (spino-talamo-corticală), cu sinapse puţine, impulsurile sînt conduse rapid şi proiectate într-o arie corticală specifică, iar pe calea indirectă (sistemul reticulat ascendent activator) impulsurile sînt conduse lent şi proiectate cortical, difuz şi nespecific.

— **Segmentul central** este reprezentat de zona corticală în care se face analiza și sinteza informațiilor primite de la nivelul receptorilor, rezultînd senzații specifice.

Prin analiza, sinteza și prelucrarea complexă a tuturor semnalelor venite de la analizatori, se realizează unitatea organismului și echilibrul său cu mediul înconjurător.

ANALIZATORUL CUTANAT

Pielea este un imens cîmp receptor datorită numeroaselor și variatelor terminații ale analizatorului cutanat, care informează centrii nervoși superiori asupra proprietății obiectelor și fenomenelor cu care organismul vine în contact.

Pielea este alcătuită din trei straturi principale: epidermul, dermul și hipodermul (fig. 26).

— *Epidermul*, stratul superficial al pielii, avînd grosime variabilă, este un epiteliu pavimentos stratificat de tip cornos. Epidermul este străbătut de fire de păr, canale excretoare ale glandelor sudoripare și terminații nervoase receptoare.

— *Dermul*, situat sub epiderm, este format din țesut conjunctiv dens. În

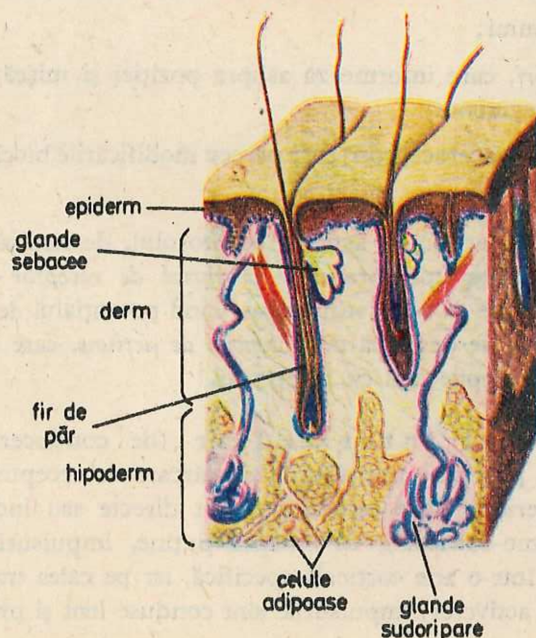


Fig. 26. Pielea.

derm se găsesc glande sebacee, canale de excreție ale glandelor sudoripare, foliculi piloși, mușchii firului de păr, rețeaua vasculară și *receptori nervoși*.

— *Hipodermul* — stratul profund al pielii — este format din țesut conjunctiv lax, bogat în celule adipoase, constituind un depozit de lipide al organismului și, în același timp, contribuie la termoreglare prin limitarea termolizei. În hipoderm se află glomerulii glandelor sudoripare, rețeaua vasculară subcutanată, nervii cutanați și unii dintre receptorii nervoși (corpusculii Vater-Pacini, Ruffini și Golgi-Mazzoni).

Prin numeroasele și variatele tipuri de receptori, pielea deservește mai multe sensibilități: tactilă, termică și dureroasă.

Sensibilitatea tactilă, presională și vibratorie are ca stimul comun deformarea tegumentului, superficială în cazul tactului, profundă în cazul presiunii, rapid repetată în cazul vibrațiilor.

—**Rețineți principalele tipuri de *receptori tactili*, studiind și figura 27:**

— ***terminațiile nervoase libere* — răspîndite atît în epiderm cît și în derm, sînt receptori ai tactului și presiunii, dar și ai durerii;**

— *corpusculii Meissner* sînt prezenți în mare număr în derm, în special în regiunile caracterizate printr-o capacitate crescută de a diferenția caracterele spațiale ale obiectelor (degete, buze), în schimb sînt rari în pielea trunchiului și absenți în tegumentul cu păr. Deoarece se adaptează foarte rapid, se presupune că sînt sensibili în special la atingeri foarte fine și vibrații cu frecvență joasă;

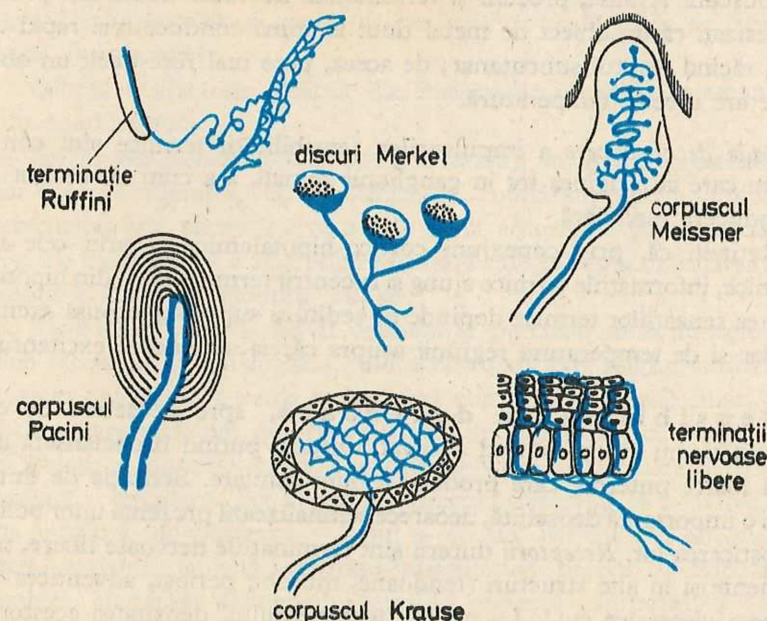


Fig. 27. Receptori tactili din piele.

— *discurile Merkel* sînt stimulate în special la atingeri puternice și se adaptează lent și numai parțial; de aceea se presupune că realizează transmiterea de impulsuri care permit aprecierea proprietăților obiectelor cu care vine în contact tegumentul;

— *corpusculii Pacini*, situați în țesutul subcutanat, mușchi și articulații, se adaptează repede, fiind stimulați de mișcări rapide, chiar și de intensitate slabă.

— Explorați capacitatea discriminativă tactilă a unui subiect folosind un compas, determinînd distanța la care cele două vîrfuri sînt percepute separat, distanță diferită în funcție de numărul receptorilor prezenți pe unitatea de suprafață și de alți factori (temperatură etc.). Veți constata sensibilitatea crescută a feței, buzelor, limbii, degetelor.

Căile de conducere ale acestor sensibilități sînt reprezentate de fibre avînd corpul celular în ganglionii spinali sau cranieni (nervii senzitivi cranieni).

— Reamintiți-vă traseul căilor sensibilității tactile, prezentate la măduva spinării și localizarea segmentului central.

Sensibilitatea termică percepe temperaturi superioare sau inferioare celei a organismului (cald și rece); deci, este declanșată de grade diferite de căldură, deoarece frigul nu este o formă de energie. Repartiția *receptorilor termici* este variabilă, aceștia fiind mai numeroși la nivelul tegumentelor mîinii și feței și mai puțini la membrele inferioare.

Se consideră că receptorii pentru cald sînt corpusculii Ruffini și cei pentru rece, corpusculii Krause, precum și terminațiile nervoase libere din piele.

— Sesizați că un obiect de metal ținut în mînă conduce mai rapid căldura din piele, răcind țesutul subcutanat; de aceea, pare mai rece decît un obiect de lemn care are aceeași temperatură.

Căile de conducere a impulsurilor sensibilității termice sînt constituite de fibre care au originea tot în ganglionii spinali, așa cum ați învățat la căile de conducere medulară.

— Rețineți că, prin conexiuni cortico-hipotalamice și prin cele talamo-hipotalamice, informațiile termice ajung și la centrii termoreglării din hipotalamus. Intensitatea senzațiilor termice depinde de sediul și suprafața expusă excitantului termic, dar și de temperatura regiunii asupra căreia acționează excitantul.

Sensibilitatea dureroasă, spre deosebire de celelalte sensibilități, nu are un stimul adecvat, durerea putînd fi declanșată de orice stimul foarte puternic care produce leziuni celulare. Senzația de durere are uneori o importanță deosebită, deoarece semnalizează prezența unor boli și ajută la diagnosticarea lor. *Receptorii* durerii sînt terminațiile nervoase libere, prezente în tegumente și în alte structuri (tendoane, mușchi, periost, adventicea vaselor, submucoasa viscerelor etc.). La nivelul tegumentului, densitatea acestor terminații este mai mare decît în viscere, ceea ce explică posibilitatea localizării precise a durerii cutanate și caracterul vag și imprecis al durerii viscerale.

Stimulii care declanșează durerea sînt reprezentați la nivelul tegumentului de agenți mecanici, termici, electrici, chimici etc., iar la nivelul organelor interne de distensia bruscă sau spasmul viscerelor cavitare, tracțiunea mecanică sau compresiunea, inflamațiile etc.

Căile aferente ale durerii cutanate sînt reprezentate de fibre care intră în constituția nervilor periferici.

Neuronul de origine se află în ganglionii spinali, fibrele urmînd traseul cunoscut de la căile medulare. Fibrele aferenței dureroase viscerale au originea, de asemenea, în ganglionii spinali și intră în constituția nervilor vegetativi.

Spre deosebire de celelalte aferențe, durerea se însoțește constant de un răspuns afectiv neplăcut și o serie de reacții vegetative.

Adaptarea la durere este foarte slabă, deoarece durerea, după cum s-a menționat anterior, semnalizează acțiunea unor stimuli extrem de nocivi pentru organism.

ANALIZATORUL VIZUAL

Vederea furnizează peste 90% din informațiile asupra mediului înconjurător, de aceea are o importanță fiziologică considerabilă, nu numai în diferențierea luminozității, formei și culorii obiectelor, dar și în orientarea în spațiu, menținerea echilibrului și a tonusului cortical (atenția).

Analizatorul vizual este constituit din ochi, la nivelul căruia se găsesc *receptorii* sensibili la cantitatea și calitatea undelor luminoase, *căile de transmitere* a informațiilor și *zonele de proiecție corticală* unde se face analiza și sinteza informațiilor.

Globul ocular este alcătuit din mai multe învelișuri, sistemul receptor și un aparat optic.

— *Învelișurile globului ocular* pot fi observate în figura 28 iar făcînd disecția unui ochi de mamifer, veți identifica trei tunici suprapuse. Tunica externă, protectoare, este sclerotica, ce are la polul anterior o porțiune transparentă, corneea. Pe fața externă a scleroticii se inseră musculatura extrinsecă a ochiului, care asigură mișcările globului ocular.

— Revedeți textul cu nervii cranieni și precizați mușchii corespunzători.

Sub sclerotică se află coroida, tunica vasculară care asigură nutriția ochiului. Spre partea anterioară coroida se îngroașă constituind corpul ciliar, format din procesele ciliare alcătuite din 70—80 ghemuri vasculare, cu rol în producerea umorii apoase și mușchiul ciliar, constituit din fibre musculare netede cu dispoziție radiară și circulară. Tot în timpul disecției observați că la partea anterioară, coroida prezintă un diafragm — irisul — cu un orificiu central, pupila, avînd diametrul variabil, datorită activității musculaturii netede cu dispoziție radiară și circulară. Variațiile diametrului pupilar reglează cantitatea de lumină care pătrunde pînă la retină — tunica internă a globului ocular și sediul sistemului receptor.

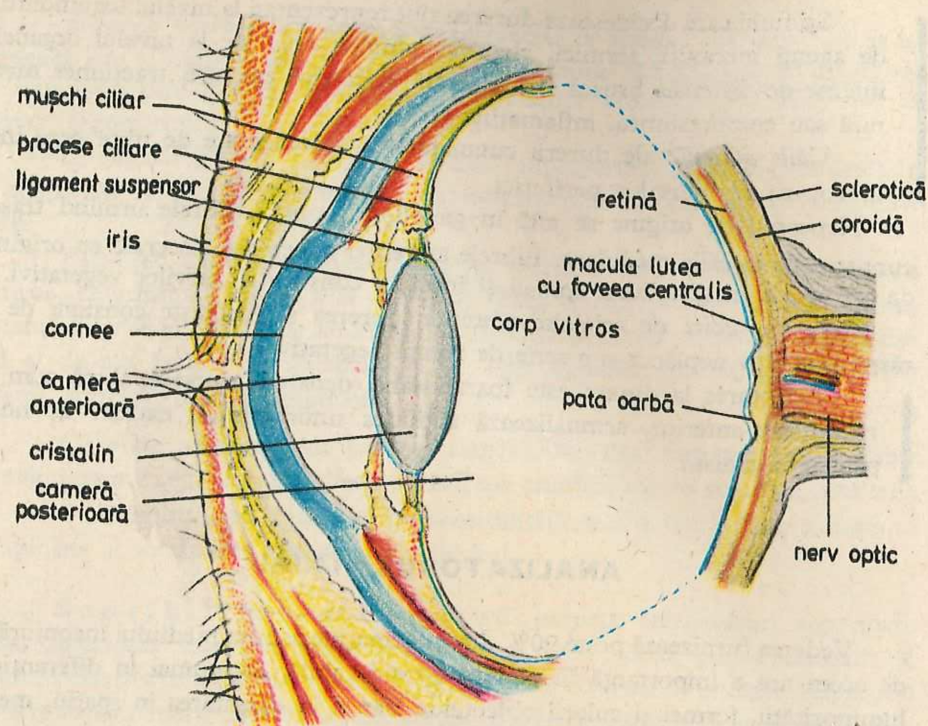


Fig. 28. Globul ocular.

— *Aparatul optic al globului ocular,* pe care l-ați identificat și observat în timpul disecției, are rolul de a focaliza pe retină razele luminoase, a produce o imagine clară, redusă și inversată a obiectelor și este constituit din mai multe medii refringente. Corneea este transparentă, avasculară, bogat inervată, avînd o rețea de terminații nervoase libere, amielinice, sensibile la durere, presiune, tact, cald și rece. Cristalinul este o lentilă biconvexă, situată înapoia irisului, înconjurat periferic de cristaloidă care, la extremități, formează ligamentul suspensor care îl leagă de corpul ciliar. Cristalinul, împreună cu ligamentul său suspensor, constituie un perete despărțitor între camera anterioară cuprinsă între cristalin și cornee și camera posterioară, situată între cristalin și retină.

— Observați în timpul disecției că în camera anterioară se găsește umoarea apoasă, un lichid transparent cu compoziție chimică asemănătoare celei a lichidului cefalorahidian, produs de procesele ciliare și drenat permanent în sistemul venos al globului ocular. Umoarea apoasă este principalul transportor al substanțelor nutritive și plastice necesare cristalinului și corneei, de ea depinzînd presiunea intraoculară. În camera posterioară a ochiului se află corpul vitros, o substanță omogenă, ușor transparentă, cu consistență de gel care poate fi observată în timpul disecției.

— *Sistemul receptor* este constituit de retină, tunica internă a globului ocular, care acoperă cele 2/3 posterioare ale coroidei.

La polul posterior al ochiului există pe retină o pată galbenă, *macula lutea,* cu o depresiune în centrul ei — *fovea centralis* — considerată zona cu acuitate vizuală maximă.

Retina, derivat embriologic din ectoderm ca și SNC, este alcătuită din 10 straturi (fig. 29). Stratul cel mai extern, situat sub coroidă, este format din celule pigmentare (încărcate cu un pigment de culoare brună), care trimit prelungiri în jurul celulelor receptoare retiniene, formînd o cameră obscură în jurul lor.

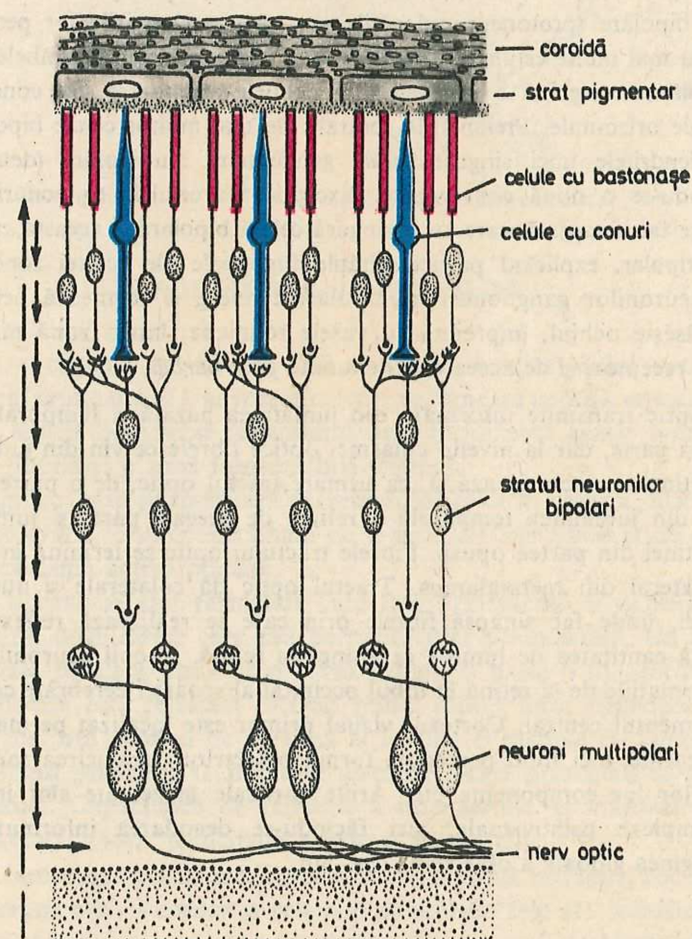


Fig. 29. Retina, structura microscopică.

Elementele celulare *fotoreceptoare* ale retinei sînt celule cu conuri și cu bastonașe, denumite astfel după forma conică sau cilindrică a segmentului lor extern. Celulele cu bastonaș, în număr de 125—130 milioane, sînt foarte sensibile la lumină, fiind receptorii vederii nocturne, dar nu pot furniza detalii asupra obiectelor și nici asupra culorii lor. În segmentul extern al celulei cu bastonașe se află un șir de discuri suprapuse (ca monedele dintr-un fișic), în care se găsește o substanță proteică numită *scotopsină* care, împreună cu un pigment numit *retinen*, constituie *rodopsina* (purpurul retinian), substanța fotosensibilă a acestor celule. Celulele cu conuri, în număr de 5—7 milioane, au un prag de sensibilitate mult mai ridicat și o acuitate mai mare, sînt răspunzătoare de vederea în lumină puternică și de perceperea culorii obiectelor, conțin în segmentul periferic o substanță fotosensibilă numită *iodopsină*.

— *Segmentul de conducere.* Sub stratul celulelor receptoare se află stratul celulelor bipolare (protoneuronul căii) care, prin prelungirile lor periferice, fac sinapsă cu mai multe celule cu conuri sau cu bastonașe sau cu ambele, realizînd, deci, o amplă convergență a impulsurilor. Celulele receptoare sînt conectate între ele prin celule orizontale. Prelungirile centrale ale mai multor celule bipolare fac sinapsa cu dendritele unei singure celule ganglionare multipolare (deutoneuronul căii) realizîndu-se o nouă convergență. Excepție fac celulele cu conuri din *fovea centralis*, care fac sinapsa fiecare cu o singură celulă bipolară și aceasta cu un singur neuron multipolar, explicînd particularitățile funcționale ale acestei zone a retinei. Axonii neuronilor ganglionari multipolari converg și formează nervul optic, care părăsește ochiul, împreună cu vasele retiniene, într-o zonă mică în care nu există receptori și de aceea este denumită *pata oarbă*.

Nervul optic transmite informații din jumătatea nazală și temporală a retinei de aceeași parte, dar la nivelul chiasmei optice fibrele ce vin din jumătatea nazală a retinei se încrucișează și, ca urmare, tractul optic, de o parte, aduce informații din jumătatea temporală a retinei de aceeași parte și jumătatea nazală a retinei din partea opusă. Fibrele tractului optic se termină în corpul geniculat lateral din metatalamus. Tractul optic dă colaterale și nucleilor mezencefalici, unde fac sinapsă fibrele prin care se realizează reflexul pupilar, care reglează cantitatea de lumină ce ajunge la retină. Axonii neuronilor talamici conduc informațiile de la retină în lobul occipital al scoarței cerebrale care reprezintă segmentul central. Cortexul vizual primar este localizat pe marginile scizurii calcarine, aici fiind percepute forma obiectelor, strălucirea sau întunecarea părților lor componente etc. Ariile corticale învecinate sînt implicate în procese complexe psihovizuale, aici făcîndu-se decodarea informației vizuale care dă imaginea globală a obiectelor (fig. 30).

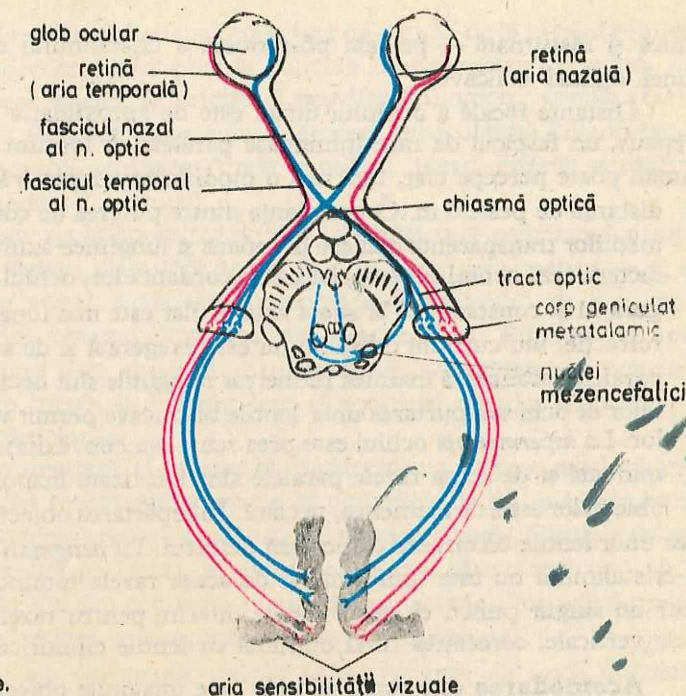


Fig. 30. Căile optice.

FORMAREA IMAGINILOR

Ochiul — organul în care se află receptorii analizatorului optic — poate fi redus la mai multe medii transparente (cornee, umoare apoasă, cristalin, umoare vitroasă), o lentilă biconvexă (cristalinul care focalizează razele luminoase pătrunse prin pupilă) și o zonă fotosensibilă (retina).

Imaginea care se formează pe retină, la fel ca în camera obscură a unui aparat fotografic, este condiționată de o serie de legi fizice și de intervenția unor mecanisme active oculare.

Razele luminoase sînt refractate cînd trec prin medii cu densități diferite, excepție făcînd doar razele care cad perpendicular pe interfață. Un fascicul de raze luminoase paralele, emis de o sursă situată la peste 6 m, trecînd printr-o lentilă biconvexă, este refractat într-un punct numit focar principal, situat pe axul care trece prin centrul de curbură al lentilei și înapoia ei. Distanța dintre lentilă și focarul principal se numește distanța focală principală și depinde de curbura lentilei. Capacitatea de refracție a unei lentile se măsoară în dioptrii (inversul distanței focale principale exprimat în metri).

Razele luminoase suferă la nivelul ochiului o triplă refracție, cea mai importantă la interfața aer — cornee și celelalte pe ambele fețe ale cristalinului.

— Așezați într-o cameră obscură, în fața ochiului unei persoane care privește în depărtare, o lumînare aprinsă, iar din partea opusă din același unghi, priviți spre pupila respectivă. Observați trei imagini: — două drepte, pe fața anterioară a corneei și a cristalinului care se comportă ca oglinzi convexe, și, — o imagine

mică și răsturnată — pe fața posterioară a cristalinului care îndeplinește rolul unei oglinzi concave.

Distanța focală a ochiului uman este de aproximativ 17 mm și de aceea, în repaus, un fascicul de raze luminoase paralele va focaliza pe retină, deci ochiul uman poate percepe clar, fără nici o modificare adaptativă, obiectele situate la o distanță de peste 6 m. Concordanța dintre puterea de convergență a sistemului mediilor transparente oculare în repaus și lungimea axului antero-posterior caracterizează ochiul *emetrop*, iar neconcordanța lor, ochiul *ametrop*. Observați figura 31 și constatați că la *miopi* axul ocular este mai lung față de capacitatea de refracție, sau curbura cristalinului este exagerată și de aceea fasciculul de raze paralele focalizează înaintea retinei iar imaginile sînt neclare. Apropierea obiectelor de ochi sau purtarea unor lentile biconcave permit vederea clară a obiectelor. La *hipermetropi* ochiul este prea scurt sau convexitatea cristalinului este diminuată și de aceea razele paralele sînt focalizate înapoia retinei iar imaginea obiectelor este, de asemenea, neclară. Îndepărtarea obiectului de ochi sau purtarea unor lentile biconvexe corectează defectul. La *astigmatici* curbura corneei sau a cristalinului nu este uniformă, și de aceea razele luminoase nu sînt focalizate într-un singur punct, ci există focare diferite pentru razele orizontale și pentru cele verticale, corectarea fiind obținută cu lentile cilindrice.

Acomodarea este procesul prin care imaginile obiectelor mai apropiate de 6 m de ochi sînt proiectate pe retină. Acomodarea se obține prin creșterea capacității de refracție a cristalinului. În condiții de repaus ocular cristalinul apare turtit, fiind ținut în tensiune de ligamentele sale. Cînd privirea se îndreaptă spre un obiect apropiat, musculatura ciliară circulară se contractă, ligamentele cristalinului se relaxează și crește curbura lentilei, în special a feței sale anterioare. Concomitent cu modificarea curburii cristalinului, formarea imaginii clare a obiectelor apropiate necesită și alte modificări dinamice oculare, printre care, corectarea axelor oculare, prin contracția musculaturii extrinseci, astfel încît imaginea obiectului să cadă pe maculă, micșorarea pupilei pentru a selecta în special cantitatea razelor luminoase paralele etc. Aceste modificări ale procesului acomodării vizuale se realizează prin reflexe declanșate de stimuli de la nivelul retinei, care ajung pe calea nervilor optici pînă la coliculii cvadrigemeni superiori, de unde pornesc axonii spre nucleii de origine ai nervilor oculomotor comun (III), trohlear (IV) abducens (VI) ale căror fibre inervează musculatura ciliară, constrictorul pupilar și mușchii extrinseci (drept superior, intern, inferior și extern și mușchii oblici superior și inferior).

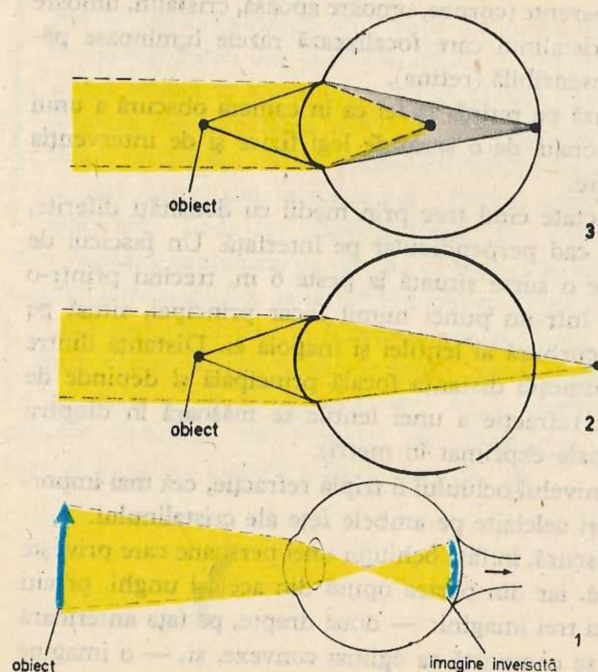


Fig. 31. Ochi normal (1), hipermetrop (2), miop (3)

Acomodarea începe de la aproximativ 6 m, distanță care reprezintă pentru ochiul normal limita vederii clare fără acomodare — *punctum remotum* — și se continuă pînă ce este atinsă capacitatea maximă a cristalinului de a-și mări curbura, cînd imaginea obiectului devine din nou neclară. Punctul cel mai apropiat de ochi la care este depășită capacitatea de acomodare — *punctum proximum* — crește cu vîrsta, la început lent și apoi mai repede, ca urmare a scăderii elasticității cristalinului.

Mecanismele fotorecepției constau în transformarea energiei razelor luminoase la nivelul celulelor receptoare retiniene în potențiale de acțiune, transmise prin nervul optic cortexului cerebral, unde produc senzații vizuale. Celulele receptoare sînt inegal răspîndite pe retină, în *fovea centralis* se găsesc exclusiv celule cu conuri, în restul maculei sînt celule cu conuri și bastonașe în proporții aproape egale, iar la periferia retinei predomină celulele cu bastonașe.

Razele luminoase ale spectrului vizibil, avînd lungimi de undă cuprinse între 400 și 725 mμ, pătrund în ochi prin mediile refringente și, străbătînd stratul celulelor multipolare și al celor bipolare, ajung la celulele receptoare cu conuri și bastonașe. Acționînd asupra compușilor fotosensibili prezenți în acestea, lumina le modifică structura, provocînd variații de potențial care inițiază potențialele de acțiune.

În celulele cu bastonașe, sub acțiunea luminii, se rupe legătura dintre constituenții rodopsinei și, trecînd printr-o serie de compuși intermediari foarte labili, se ajunge la eliberarea scotopsinei și a retinenului. În cursul acestor reacții se produc anumite modificări biochimice celulare, care au ca rezultat generarea potențialului de receptor.

Retinenul este în parte redus la vitamina A și în parte se leagă din nou de scotopsină, reconstituind rodopsina, iar din vitamina A se resintetizează permanent retinen.

În celulele cu conuri pigmenții vizuali au o structură asemănătoare. La om există trei tipuri de celule cu conuri, legate de perceperea diferențiată a celor trei culori fundamentale, respectiv trei tipuri diferite de pigmenți vizuali.

Celulele cu conuri au un prag de excitabilitate mai înalt; ele sînt răspunzătoare pentru vederea în lumină puternică — *vederea fotopică* — și pentru perceperea culorilor. În schimb, celulele cu bastonașe, avînd un prag de excitare mai redus și o convergență crescută, sînt stimulate de cantități mai mici de lumină, fiind răspunzătoare în special pentru vederea în întuneric — *vederea scotopică*.

Adaptarea vizuală la întuneric și lumină este legată de transformările pigmenților vizuali. Trecerea dintr-un mediu intens luminat în întuneric necesită o perioadă de maximum 20 minute pentru ca ochiul să poată percepe

obiectele, adaptarea fiind mai rapidă cînd expunerea la lumină a fost de scurtă durată; de asemenea, trecerea dintr-un mediu întunecat la lumină puternică necesită aproximativ 5 minute pentru a se realiza adaptarea, de fapt dispariția adaptării la întuneric.

Adaptarea la întuneric evoluează în două faze: prima rapidă, dar de intensitate redusă, se datorează adaptării la întuneric a celulelor cu conuri și are loc în zona foveei centrale unde se află numai conuri, iar cea de-a doua fază, mai lentă dar mai importantă, este rezultatul adaptării celulelor cu bastonașe datorită cărora sînt percepute obiectele în semiobscuritate și are loc în porțiunile periferice ale retinei.

Timpul necesar pentru adaptarea la întuneric este determinat parțial de refacerea rezervelor de rodopsină, dar și de alți factori. Adaptarea la întuneric este afectată în avitaminoza A.

Perceperea culorilor este realizată de celulele cu conuri, care recepționează radiațiile de diferite lungimi de undă ale spectrului luminos și le transmit scoarței cerebrale, unde are loc analiza și sinteza informațiilor. Culorile primare — roșu, verde și albastru — pot forma, prin amestecul lor, orice altă culoare, inclusiv cea albă. Negrul se admite că ar fi produs prin absența luminii, dar mai probabil că este o senzație pozitivă, deoarece ochiul orb nu vede negrul, nu vede nimic.

Mecanismele vederii cromatice sînt explicate prin mai multe ipoteze, dintre care cea mai acceptată este cea emisă de Young și Helmholtz. Conform acestei ipoteze ochiul percepe separat cele trei culori fundamentale, iar diferitele senzații cromatice sînt rezultatul stimulării concomitente și inegale al celor trei tipuri de celule cu conuri; stimularea lor egală ar da senzația de lumină albă.

Nu s-a putut demonstra existența unor căi separate spre creier pentru fiecare sistem de conuri și de aceea se admite că are loc un proces de codificare chiar în retină, care transformă informația colorată în răspunsuri „deschis sau închis".

Se cunosc variate defecte ale vederii cromatice, unii bolnavi fiind incapabili de a distinge culori, iar alții prezintă doar o diminuare a capacității perceperii acestora.

TEME

— Arătați ce modificări se produc în interiorul ochiului cînd trecem de la întuneric la lumină.
— Reamintiți-vă de la fizică și denumiți felul lentilelor prin care se corectează miopia și hipermetropia.

ANALIZATORUL AUDITIV

Analizatorul auditiv deține la unele animale roluri importante legate de orientarea în spațiu, pentru depistarea surselor de hrană și a pericolelor, iar la om servește și la perceperea vorbirii care stă la baza relațiilor interumane.

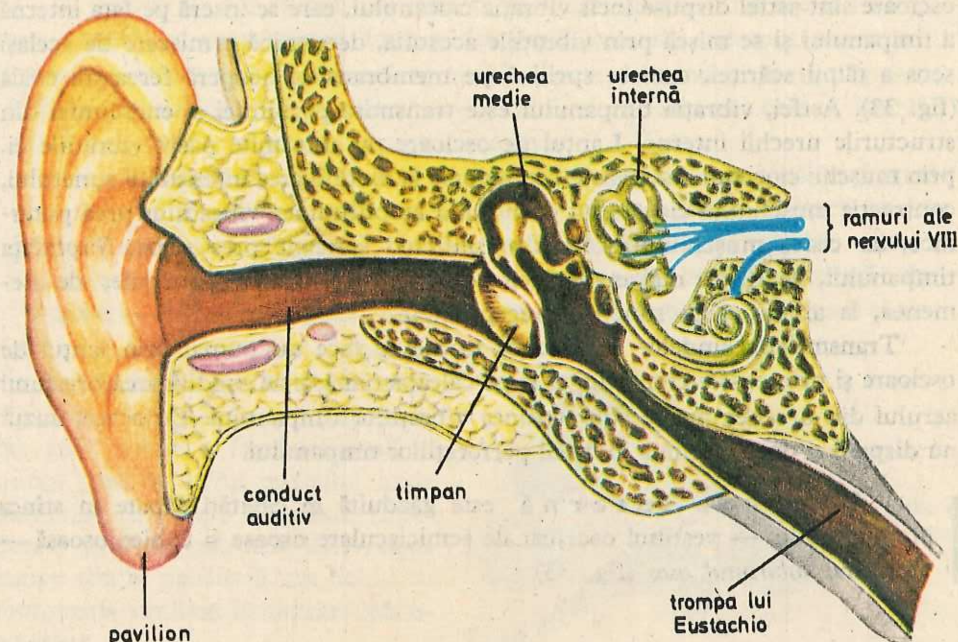


Fig. 32. Componentele urechii.

Urechea umană (fig. 32) percepe unde sonore, repetate într-o anumită ordine (sunete) sau succedîndu-se neregulat (zgomote). Produse prin condensări și rarefieri ale aerului, undele sonore au trei proprietăți fundamentale: *intensitatea*, determinată de amplitudine, *înălțimea*, condiționată de frecvență și *timbrul*, depinzînd de vibrațiile armonice supraadăugate. Frecvența sunetelor percepute de urechea umană este cuprinsă între 20 și 20 000 cicli/s, iar sensibilitatea auditivă maximă este cuprinsă între 1 000—3 000 c/s.

Vibrațiile sonore, captate, transmise și amplificate de un sistem de structuri alcătuind urechea externă și medie, impresionează organele receptoare ale auzului din urechea internă, situată în stînca osului temporal.

— Urechea externă, prin pavilion, captează și dirijează undele sonore spre conductul auditiv extern, care le transmite membranei timpanului. Membrana timpanului, care separă urechea externă de cea medie, cu grosime de 0,1 mm și structură fibroasă, funcționează ca un rezonator vibrînd la modificările de presiune determinate de undele sonore (fig. 32).

— Urechea medie. Urmăriți figura și mulajul adecvat, observînd că urechea medie este formată dintr-o cavitate a osului temporal, plină cu aer la presiunea atmosferică, datorită trompei lui Eustachio, care comunică cu nasofaringele. Spre urechea internă se găsesc: fereastra ovală și fereastra rotundă. În urechea medie se află un lanț articulat de trei oscioare (ciocanul, nicovala și scărița) și mușchii anexați lor. Articulațiile dintre aceste

oscioare sînt astfel dispuse încît vibrația ciocanului, care se inseră pe fața internă a timpanului și se mișcă prin vibrațiile acestuia, determină o mișcare de același sens a tălpii scăriței, care se sprijină pe membrana ce acoperă fereastra ovală (fig. 33). Astfel, vibrația timpanului este transmisă perilimfei și endolimfei din structurile urechii interne. Lanțul de oscioare nu transmite pasiv vibrațiile ci, prin mușchii ciocanului și scăriței, contribuie la modificarea intensității sunetului, contracția mușchiului ciocanului diminuînd amplitudinea vibrațiilor prea puternice, iar cea a mușchiului scăriței amplificînd sunetele prea slabe. Suprafața timpanului, de 13 ori mai mare decît cea a ferestrei ovale, contribuie, de asemenea, la amplificarea sunetelor recepționate.

Transmiterea undelor în urechea medie se face nu numai prin lanțul de oscioare și prin oasele craniului, ci și pe calea aeriană, prin modificarea presiunii aerului din urechea medie sub acțiunea vibrațiilor timpanului. De aceea, auzul nu dispare ci doar diminuă în cazul perforațiilor timpanului.

Urechea internă este găzduită în cavități săpate în stînca temporalului — vestibul osos, canale semicirculare osoase și cohlee osoasă — formînd *labirintul osos* (fig. 33).

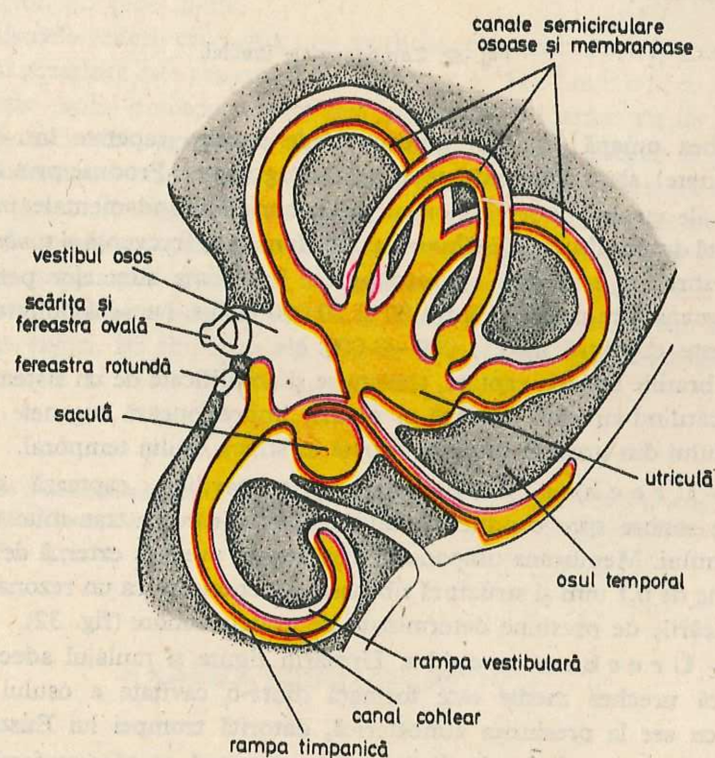
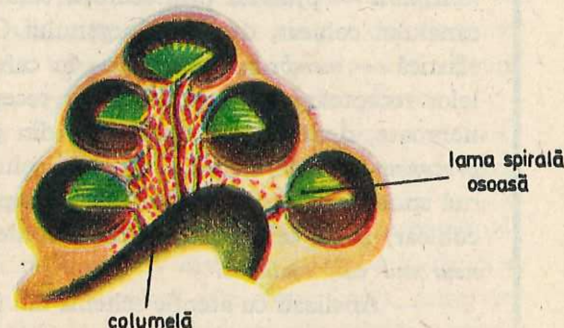


Fig. 33. Labirintul osos și labirintul membranos.

În labirintul osos se află labirintul membranos, alcătuit din aceleași formațiuni: vestibulul membranos, format din două vezicule suprapuse — utriculă și saculă — și canalele semicirculare membranoase, formînd împreună aparatul vestibular specializat pentru simțul echilibrului și melcul membranos (canalul cohlear) care conține segmentul receptor al auzului.

— *Cohlea* (melcul) este un canal osos, spiralat, răsucit de două ori și jumătate în jurul unui ax central, numit *columelă* (modiol). De la columelă se desprinde, spre lumenul cohleei, o lamă osoasă, subțire — *lama spirală* — care se întinde în tot lungul cavității melcului osos pînă aproape de vîrf, unde lasă o deschidere — *helicotremă*. Lama osoasă se continuă cu o membrană groasă și elastică — *membrana bazilară* — separînd lumenul melcului osos în două rampe (fig. 34): *rampa vestibulară* (superioară), care începe la fereastra ovală și ajunge pînă la vîrful melcului unde comunică cu *rampa timpanică* (inferioară) prin helicotremă. Cele două rampe conțin perilimfă, un lichid cu compoziție similară lichidului cefalorahidian.



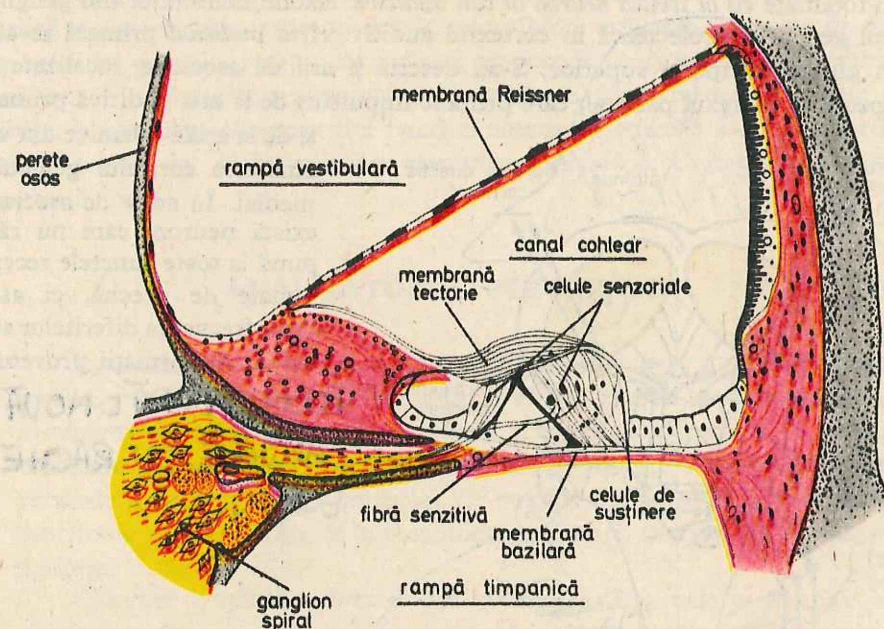
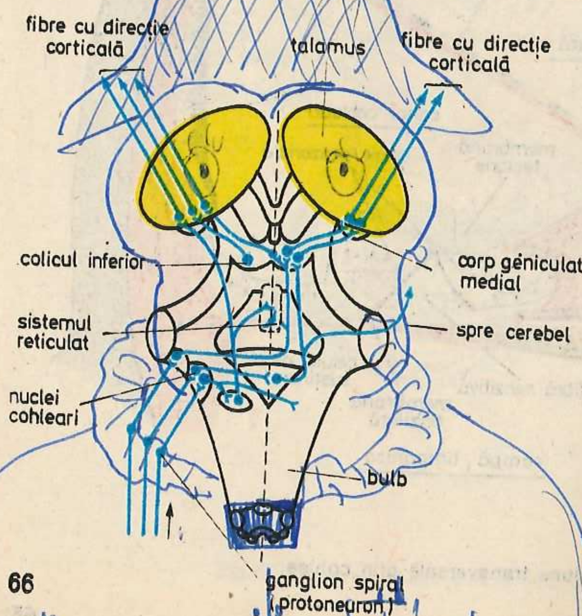


Fig. 34. Secțiune transversală prin cohlee.

— *Canalul cohlear* (melcul membranos) se găsește în cohleea osoasă, delimitat între membrana bazilară, peretele extern al melcului osos și membrana vestibulară (Reissner), o lamă de țesut conjunctiv care se întinde de la lama spirală la peretele lateral al melcului, prin care este separat de rampa vestibulară. În secțiune are formă triunghiulară și conține endolimfă. În interiorul canalului cohlear, pe membrana bazilară, se află *organul Corti*, avînd, de asemenea, forma spiralată și întinzîndu-se de la vîrful pînă la baza canalului cohlear. Organul Corti conține celulele receptoare auditive așezate pe două straturi, unul intern, alcătuit dintr-un șir de celule și celălalt extern, alcătuit din trei sau patru șiruri (v. fig. 34). Celulele receptoare, de formă alungită, sînt prevăzute la polul apical cu cili, care străbat o membrană subțire — *membrana reticulară* — produsă prin secreția celulelor de susținere. Pe toată lungimea canalului cohlear, deasupra organului Corti, se află o membrană subțire și elastică — *membrana tectoria* — în care sînt inclavate vîrfurile cililor celulelor receptoare. În jurul celulelor receptoare există o bogată rețea de fibre nervoase, dendrite ale neuronilor din ganglionul spiral Corti care conține *protoneuronul căii auditive*, situat în columelă. Axonii neuronilor din ganglionul spiral formează *nervul cohlear* (componenta auditivă a nervului vestibulo-cohlear) și se termină în nucleii cohleari bulbopontini care conțin *deutoneuronul căii auditive*.

— Analizați cu atenție schema din figura 35 și veți deduce că impulsurile auditive sînt conduse mai departe prin axonii neuronilor nucleilor cohleari, pînă la coliculii inferiori din mezencefal, centrii unor reflexe auditive și de aici axonii ajung în corpul geniculat medial din metatalamus, unde fac sinapsa în totalitate cu *al treilea neuron al căii auditive*. Axonii neuronilor din ganglionul geniculat proiectează în cortextul auditiv. *Aria auditivă* primară se află în girusul temporal superior. S-au descris și arii de asociație, localizate în special în cortexul parietal, care primesc impulsuri de la aria auditivă primară și de la ariile talamice din vecinătatea corpului geniculat medial. În ariile de asociație există neuroni care nu răspund la toate sunetele recepționate de ureche, ci asociază frecvența diferitelor sunete cu informații provenite



TOBIAS DUPĂ O NOUĂ LANSARE CU RACHETE SQUID

Fig. 35. Schema căii auditive.

de la alte arii senzoriale. Leziunile ariilor de asociație, fără lezarea ariei auditive primare, permit auzirea și diferențierea calității sunetelor, dar nu și interpretarea semnificației complexe a cuvintelor.

MECANISMUL AUZULUI

Urechea externă captează undele sonore, le transmite timpanului, care le transformă în vibrații rezonatoare ce se transmit prin mișcarea oscioarelor urechii medii pînă la fereastra ovală. Vibrațiile tălpii scăriței pe membrana ferestrei ovale produc unde ce se propagă în perilimfa din rampa vestibulară și se transmit apoi prin helicotremă, perilimfei din rampa timpanică, ajungînd pînă la membrana ferestrei rotunde. Vibrațiile perilimfei provoacă și vibrații ale endolimfei, deoarece membrana vestibulară este extrem de subțire.

Undele propagate se amplifică pe măsură ce se depărtează de fereastra ovală, atingînd amplitudinea maximă mai aproape de baza melcului, în cazul unor sunete înalte și mai aproape de vîrful melcului pentru sunetele joase, apoi amplitudinea lor scade rapid. Membrana bazilară va fi comprimată în zona în care amplitudinea undelor propagate este maximă, deci la o distanță variabilă în funcție de frecvența sunetului. Cînd membrana bazilară este comprimată, mișcarea membranei tectoria, față de membrana reticulară îndoaie cilii celulelor epiteliale receptoare, ceea ce are ca urmare generarea de potențiale de acțiune în nervii auditivi.

În timpul emiterii unui sunet, în fibrele nervului cohlear se înregistrează variații de potențial numite potențiale microfonice cohleare, generate de deformarea cililor celulelor receptoare și direct proporționale cu deplasarea membranei bazilare. Prin înregistrarea potențialelor cohleare din diferitele părți ale melcului, s-a constatat că segmentul bazal al acestuia răspunde la toate tipurile de stimuli sonori, iar vîrful produce răspunsuri microfonice numai la sunete cu frecvență joasă.

ANALIZATORUL VESTIBULAR

În urechea internă, în labirintul vestibular, se găsesc și receptorii analizatorului echilibrului static și dinamic. Funcția acestui analizator constă în furnizarea de informații asupra poziției și mișcărilor corpului în spațiu, pe baza cărora se declanșează reflexele necesare menținerii echilibrului și poziției verticale a corpului și schimbărilor de poziție. La această funcție complexă contribuie și informațiile de la receptorii musculari, cutanați (tact și presiune) și optici.

Sistemul vestibular, format din vestibul osos și cele trei canale semicirculare osoase, constituie, împreună cu cohleea (melcul), labirintul osos, în interiorul căruia se află labirintul membranos, avînd aproape aceeași formă. Regiunea vestibulară membranoasă este împărțită în doi saci: sacula, în vecină-

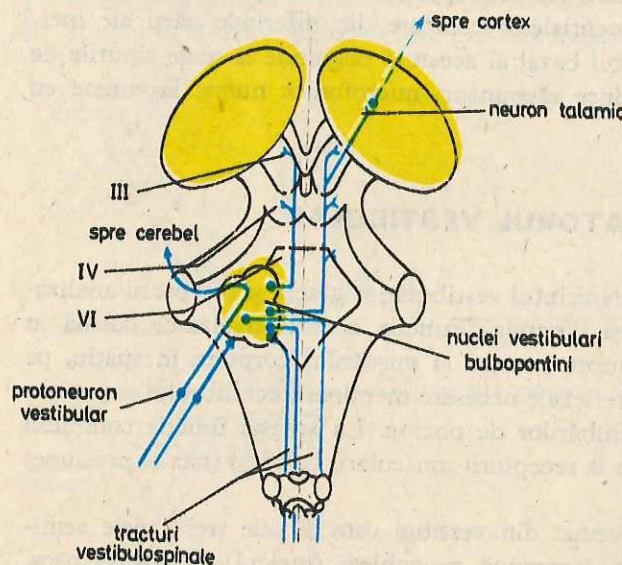
tatea cohleei și utricula, în apropierea canalelor semicirculare membranoase. În interiorul labirintului membranos se află endolimfa.

— *Canalele semicirculare membranoase*, care prin ambele extremități comunică cu utricula, sînt orientate în cele trei planuri ale spațiului (v. fig. 33). Fiecare canal semicircular prezintă la baza sa o dilatație numită *ampulă*, în care se găsește organul receptor — *creasta ampulară*.

Această structură cu rol receptor este formată din *celule receptoare ciliate* și celule de susținere, acoperite de o masă gelatinoasă *(cupula)* care se deplasează sub influența mișcărilor endolimfei. Celulele ciliate sînt în contact strîns cu terminații aferente ale ramurii vestibulare a nervului vestibulo-cohlear.

Utricula și *sacula* conțin *aparatul otolitic* sau *macula*. Acesta este format din celule receptoare și celule de susținere. Celulele receptoare sînt prevăzute la polul apical cu numeroși cili care proemină într-o membrană reticulară gelatinoasă care acoperă macula. În ochiurile acestei membrane se găsesc cristale microscopice de carbonat de calciu (otoliți). Membrana otolitică, fiind mai grea, exercită o anumită presiune asupra cililor celulelor receptoare. În jurul și la baza celulelor receptoare se găsesc fibre nervoase ale ramurii vestibulare a nervului vestibulo-cohlear, care se alătură celor provenite de la nivelul ampulelor.

Fibrele nervoase aferente, care primesc informații de la celulele receptoare din creste și macule, sînt dendritele neuronilor ganglionului vestibular (Scarpa) care conține *protoneuronul căii*. Axonii acestor neuroni constituie ramura vestibulară a nervului VIII, care se termină în cei patru nuclei vestibulari bulbari (fig. 36). De la nucleii bulbari, unde se face sinapsă cu *deutoneuronul*, pornesc axoni spre nucleii cerebeloși, contribuind la coordonarea echilibrului static și dinamic, spre măduvă, exercitînd influențe asupra tonusului musculaturii scheletice și a posturii și spre nucleii nervilor cranieni III, IV și VI, influențînd musculatura extrinsecă a ochiului. Căile anatomice prin care impulsurile vestibulare ajung (trecînd prin talamus, unde fac sinapsa cu cel de-*al 3-lea neuron)* la nivelul cortexului, nu sînt precizate după cum nu este localizată nici zona de proiecție corticală, care ar fi



TOBIAS INSISTA

Fig. 36. Schema căii vestibulare.

probabil în lobul temporal. Aceste conexiuni sînt dovedite însă atît de perceperea conștientă a mișcării și orientării în spațiu cît și de posibilitatea elaborării de reflexe condiționate la rotația corpului.

Stimulii care determină excitarea receptorilor analizatorului vestibular sînt accelerarea sau încetinirea mișcării întregului corp sau doar a capului. Canalele semicirculare orizontale și laterale informează asupra mișcărilor în jurul axului vertical, iar canalele verticale informează asupra mișcărilor în jurul axelor orizontale (sărituri, căderi sau protecția împotriva căderii etc.). Combinarea impulsurilor provenite de la cele 3 canale semicirculare, analiza și sinteza informațiilor la nivel cortical permit interpretarea direcției mișcării.

Variațiile accelerației liniare sînt percepute de receptorii utriculei și saculei. Aceștia descarcă impulsuri și în absența mișcărilor capului, ca urmare a presiunii pe care otoliții o exercită asupra cililor, impulsuri răspunzătoare de menținerea ridicată a capului și alte ajustări posturale importante.

În cazul unei modificări a vitezei de deplasare liniară, otoliții fiind mai denși decît endolimfa, se vor deplasa în direcție opusă mișcării, stimulînd terminațiile receptoare ale maculelor. Aplecarea capului înainte sau înapoi cu 1,5°—2° (pragul diferenței de înclinare a capului) stimulează rata descărcărilor de impulsuri, care crește apoi progresiv, pe măsură ce se accentuează deplasarea. Menținerea capului într-o anumită poziție nu este urmată de încetarea descărcărilor de impulsuri, ci doar de scăderea ușoară a frecvenței lor, dovadă că receptorii acestui analizator se adaptează foarte puțin.

TEME

— Indicați cîteva profesii în care funcția analizatorului vestibular are rol important.
— Precizați zona din melcul membranos în care sînt percepute zgomotele unui automobil, față de sunetele unei viori.

10

ANALIZATORUL OLFACTIV

Simțul mirosului (olfacția) este slab dezvoltat la om, comparativ cu unele animale. Rolul său principal constă în a depista prezența în aer a unor substanțe mirositoare, eventual nocive și, împreună cu simțul gustului, de a participa la aprecierea calității alimentelor și la declanșarea secrețiilor digestive.

Olfacția este un simț chimic, la fel ca și gustul, depinzînd de acțiunea directă a moleculelor substanțelor odorante asupra unor receptori specializați.

Receptorii olfactivi se găsesc într-o zonă specială a mucoasei nazale, situată în regiunea cornetului nazal superior și a lamei ciuruite a etmoidului, avînd la om o suprafață de 2—3 cm². Mucoasa olfactivă este alcătuită din celule receptoare și celule de susținere, de natură epitelială. Celulele olfactive sînt neuroni bipolari, fusiformi, care reprezintă *protoneuronul căii*. Dendritele sînt scurte, groase și se termină cu o umflătură numită *buton olfactiv*, avînd 10—20 cili olfactivi (pentru fiecare neuron) ce mărește suprafața de

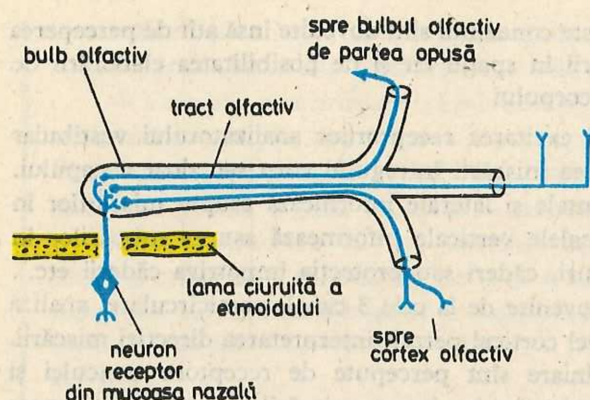


Fig. 37. Schema căii olfactive.

contact cu substanțele odorante, iar axonii, situați la polul bazal al celulei, formează nervii olfactivi ce străbat lama ciuruită a etmoidului, pătrund în bulbul olfactiv, unde fac sinapsă cu celulele mitrale, cel *de-al doilea neuron al căii olfactive.* Axonii celui de-al doilea neuron alcătuiesc *tracturile olfactive*, care ajung la aria corticală olfactivă, girul hipocampic (fig. 37).

Zona olfactivă a mucoasei nazale nu este situată pe calea directă a curentului de aer, de aceea substanțele odorante ajung la nivelul zonei receptoare, fie mai lent prin difuziune, fie mai rapid prin vîrtejuri de aer produse mecanic sau de curenți de convecție (adulmecat).

Substanțele odorante, pentru a veni în contact cu receptorii olfactivi, trebuie să se dizolve întîi în stratul subțire de mucus de la suprafața mucoasei. Nu se cunoaște mecanismul prin care substanțele odorante, acționînd asupra membranei apicale a celulelor olfactive, determină generarea unor impulsuri care se transmit pe căile menționate pînă la nivel cortical.

— Omul poate diferenția între 2 000 și 4 000 mirosuri diferite. Mecanismul discriminării olfactive nu este cunoscut, dar este dovedit că nu se datorează unor receptori specifici. Cercetările au arătat că prin fibrele tractului olfactiv există un flux continuu de impulsuri, iar sub influența substanțelor odorante se modifică frecvența și gruparea în serii ale acestor impulsuri, astfel fiind probabil transmisă informația olfactivă.

— *Exercițiu.* Solicitați unui coleg să inspire timp de 5 minute aer în care se găsește o cantitate crescută de substanță odorantă. Veți constata că, după un timp, nu mai simte mirosul respectiv. Înlocuiți substanța odorantă cu alta și veți constata că simte mirosul acesteia.

Concluzie: simțul mirosului se adaptează rapid, senzația dispărînd, deși stimulul (substanța odorantă) persistă. Adaptarea este specifică numai pentru mirosul respectiv, alte mirosuri nefiind influențate și se realizează diferit pentru diferite mirosuri.

ANALIZATORUL GUSTATIV

Simțul gustului are rolul de a informa asupra calității alimentelor introduse în gură, dar intervine și în declanșarea secreției reflex necondiționate a glandelor digestive.

— Observați cu atenție figura 38 și rețineți că receptorii analizatorului gustativ se găsesc în mugurii gustativi, formațiuni ovoidale, situate în pereții

papilelor fungiforme și a celor circumvalate de pe limbă, în număr redus în mucoasa labială, palatină, amigdaliană, faringiană și epiglotică. Papilele fungiforme sînt prezente în mare număr în apropiere de vîrful limbii, iar papilele circumvalate sînt formațiuni proeminente, în număr de 6—12, dispuse în V spre baza limbii.

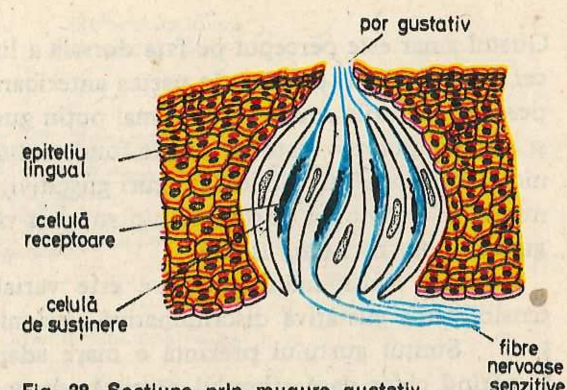


Fig. 38. Secțiune prin mugure gustativ.

Papilele filiforme de pe fața dorsală a limbii nu conțin muguri gustativi.

Mugurele gustativ (v. fig. 38) este format din celule de suport și celule receptoare alungite, cu cili care se proiectează prin porul gustativ la suprafața limbii, unde vin în contact cu substanțele sapide, dizolvate în salivă. În jurul celulelor receptoare se găsesc terminații nemielinizate ale nervilor sensibilității gustative. Fibrele nervoase din cele 2/3 anterioare ale limbii intră într-o ramură a facialului, cele din 1/3 posterioară a limbii în glosofaringian și cele de la ceilalți muguri gustativi, în nervul vag. Fibrele acestor 3 nervi se alătură în bulb și fac sinapsa cu cel *de-al doilea neuron* (fig. 39). După încrucișare axonii ajung în nucleii specifici de releu din talamus, unde fac sinapsa cu un *al treilea neuron*, care are proiecția în scoarța cerebrală, la piciorul circumvoluției postcentrale, în aceeași zonă care deservește și sensibilitatea cutanată a feței.

Receptorii gustativi aparțin chemoreceptorilor, fiind stimulați de substanțele dizolvate în apă și salivă.

Omul percepe patru gusturi fundamentale: acru, amar, dulce și sărat, gustul variat al diferitelor alimente rezultînd prin combinații complexe ale acestora, asociate cu senzații olfactive și cu alte senzații bucofaringiene (tact, temperatură etc.).

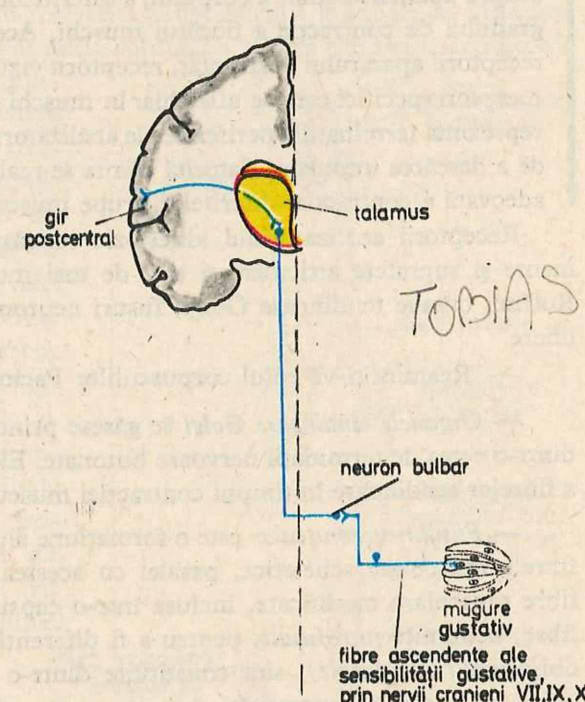


Fig. 39. Schema căii gustative.

Gustul amar este perceput pe fața dorsală a limbii, cel acru pe marginile limbii, cel dulce la vîrf și cel sărat în partea anterioară a feței dorsale a limbii. Palatul percepe gusturile amar și acid și mai puțin gusturile dulce și sărat, iar faringele și epiglota percep toate gusturile fundamentale. Histologic, nu s-a evidențiat nici o diferență între diferiți muguri gustativi, dar ei răspund, de obicei specific, numai la un anumit gust; anumiți muguri răspund la mai mult de un stimul gustativ, dar niciodată la toți.

Pragul sensibilității gustative este variabil pentru diferite substanțe, iar sensibilitatea gustativă discriminativă este mică.

Simțul gustului prezintă o mare adaptabilitate, senzația gustativă dispărînd chiar dacă stimulul persistă; de aceea, pentru a simți în continuare gustul unui aliment introdus în gură acesta trebuie să fie mișcat și să stimuleze permanent noi receptori.

ANALIZATORUL MOTOR (kinestezic)

Desfășurarea normală a activității motorii, analiza fină și coordonarea precisă a mișcărilor necesită informarea permanentă a sistemului nervos central asupra poziției spațiale a corpului, a diferitelor sale segmente și mai ales asupra gradului de contracție a fiecărui mușchi. Aceste informații sînt furnizate de receptorii aparatului vestibular, receptorii vizuali și cutanați, dar și de anumiți receptori specifici care se află chiar în mușchi (proprioceptori). Proprioceptorii reprezintă terminațiile periferice ale analizatorului motor (kinestezic) și au rolul de a descărca impulsuri datorită cărora se realizează modularea permanentă și adecvată a contracției diferitelor grupe musculare.

Receptorii analizatorului kinestezic se găsesc în mușchi, tendoane, ligamente și suprafețe articulare și sînt de mai multe tipuri: corpusculii Pacini și Ruffini, organe tendinoase Golgi, fusuri neuromusculare și terminații nervoase libere.

— Reamintiți-vă rolul corpusculilor Pacini și Ruffini!

— *Organele tendinoase Golgi* se găsesc printre fibrele tendinoase, și constau dintr-o rețea de terminații nervoase butonate. Ele semnalizează tensiunea apicală a fibrelor tendinoase în timpul contracției musculare (fig. 40).

— *Fusul neuromuscular* este o formațiune alungită, fusiformă, situată printre fibrele musculare scheletice, paralel cu acestea. Fiecare fus constă din 2—10 fibre musculare modificate, incluse într-o capsulă conjunctivă (fig. 41). Aceste fibre, denumite *intrafusale*, pentru a fi diferențiate de fibrele musculare striate obișnuite *(extrafusale)*, sînt constituite dintr-o porțiune centrală necontractilă (plină cu nuclei) și extremități alungite, contractile, care se termină pe tendoane sau pe fibre extrafusale și prezintă striații transversale mai puțin nete, comparativ cu cele ale fibrelor musculare extrafusale.

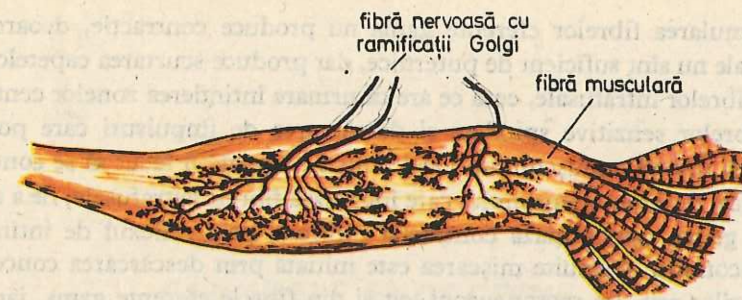


Fig. 40. Organul tendinos Golgi.

Fusul neuromuscular are două tipuri de fibre senzitive aferente, și anume: în zona centrală se găsesc terminațiile primare spiralate, principala structură aferentă a fusului neuromuscular, avînd viteză de conducere foarte mare, iar deasupra și dedesubtul acestora, terminațiile secundare sau fibrele „în buchet", mai subțiri și cu viteză de conducere mai mică. Fibrele senzitive sînt dendrite ale neuronilor senzitivi din ganglionul spinal. Fiecare fus neuromuscular are și o inervație motorie proprie, constituită din fibre subțiri — fibrele motorii gama eferente — avînd originea în motoneuronii gama medulari și care se termină sub forma unor plăci motorii în porțiunile periferice contractile ale fibrelor intrafusale.

Fusurile neuromusculare, fiind paralele cu fibrele extrafusale, se alungesc atunci cînd mușchiul este întins și, ca urmare, terminațiile nervoase senzitive primare descarcă impulsuri, cu o frecvență proporțională gradului de întindere a mușchiului. Aceste impulsuri pot iniția contracția reflexă a fibrelor extrafusale ale mușchiului. În schimb, cînd mușchiul se contractă prin stimularea fibrelor nervoase ale fibrelor extrafusale încetează descărcările de impulsuri din terminațiile nervoase ale fusului deoarece, deși mușchiul se scurtează, fusul nu se modifică. Astfel, fusul și conexiunile sale reflexe constituie un mecanism de feedback care operează pentru menținerea lungimii mușchiului.

Întinderea mușchiului stimulează atît terminațiile nervoase fusale primare cît și pe cele secundare, primele răspunzînd la modificări ale lungimii și ale ratei alungirii, iar celelalte doar la modificările lungimii.

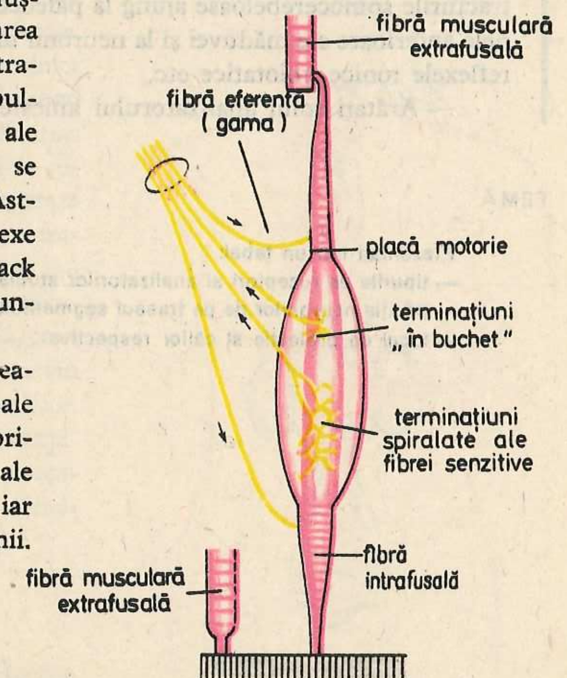


Fig. 41. Fusul neuromuscular.

Stimularea fibrelor eferente gama nu produce contracție, deoarece fibrele intrafusale nu sînt suficient de puternice, dar produce scurtarea capetelor contractile ale fibrelor intrafusale, ceea ce are ca urmare întinderea zonelor centrale, excitarea fibrelor senzitive spiralate și descărcarea de impulsuri care pot produce contracția reflexă a mușchiului. Deci, mușchiul poate fi făcut să se contracte prin stimularea, fie a motoneuronului care inervează fibrele extrafusale, fie a neuronilor eferenți gama, care inițiază contracția indirect, prin reflexul de întindere.

În condiții obișnuite mișcarea este inițiată prin descărcarea concomitentă a impulsurilor atît din motoneuroni, cît și din fibrele eferente gama, iar scurtarea fusului, odată cu cea a mușchiului, face ca descărcările fusului să continue în tot timpul contracției. Astfel, fusul își menține capacitatea de a răspunde la întindere și de a ajusta reflex descărcările motoneuronului în tot timpul contracției. La rîndul lor, neuronii motori ai fibrelor eferente gama sînt influențați de la nivel cerebral.

Impulsurile aferente de la proprioceptorii musculo-articulari se transmit pe fibre de grosimi diferite, avînd protoneuronul în ganglionii spinali, pînă în măduvă, apoi spre centrii superiori pe două căi: căile sensibilității proprioceptive conștiente și inconștiente (învățate la funcțiile măduvei).

Proiecția corticală se află în zona senzitivo-motorie a lobului frontal. Aici se face analiza și sinteza fină a informațiilor kinestezice, iar zone mai largi, care se întind și pe alte arii frontale, și probabil și parietale, deservesc mișcările globale mai puțin diferențiate. Impulsurile sensibilității proprioceptive inconștiente, provenite în special de la fusurile neuromusculare și organele Golgi, prin tracturile spinocerebeloase ajung la paleocerebel, la neuronii motori din coarnele anterioare ale măduvei și la neuronii motori ai nervilor cranieni deservind reflexele tonice, miotatice etc.

— Arătați rolul analizatorului kinestezic în locomoție!

TEMĂ

Prezentați într-un tabel:
— tipurile de receptori ai analizatorilor studiați;
— poziția neuronilor de pe traseul segmentului intermediar al fiecărui analizator;
— locul de proiecție al căilor respective.

GLANDELE ENDOCRINE

Creșterea și dezvoltarea organismului, precum și adaptarea și corelarea activității diferitelor aparate și sisteme la condițiile în permanentă schimbare ale mediului intern și extern, sînt reglate de sistemul nervos și de cel endocrin.

Sistemul endocrin este constituit din glande care nu au canal excretor, iar produșii de secreție sînt eliminați direct în sînge.

— Localizarea celor mai importante glande endocrine o puteți face urmărind figura 42. Acestea sînt: hipofiza, suprarenalele, tiroida, paratiroidele, epifiza, timusul, cărora li se adaugă pancreasul și gonadele care, pe lîngă funcția exocrină, desfășoară — prin anumiți constituenți structurali — și o funcție endocrină. Temporar activează ca glandă endocrină și placenta, organul prin care se realizează schimburile materno-fetale.

Produșii de secreție ai glandelor endocrine — hormonii — sînt eliminați permanent în cantități minime în sînge sau limfă, fiind transportați pînă la nivelul structurilor celulare, unde reglează intensitatea și viteza desfășurării anumitor procese specifice, prin activarea sau inhibarea activității unor sisteme enzimatice. Activitatea secretorie bazală, constantă, se modifică de îndată ce survin anumite modificări umorale specifice. Influențele umorale adaptează permanent activitatea endocrină prin mecanismul conexiunii inverse (feedback).

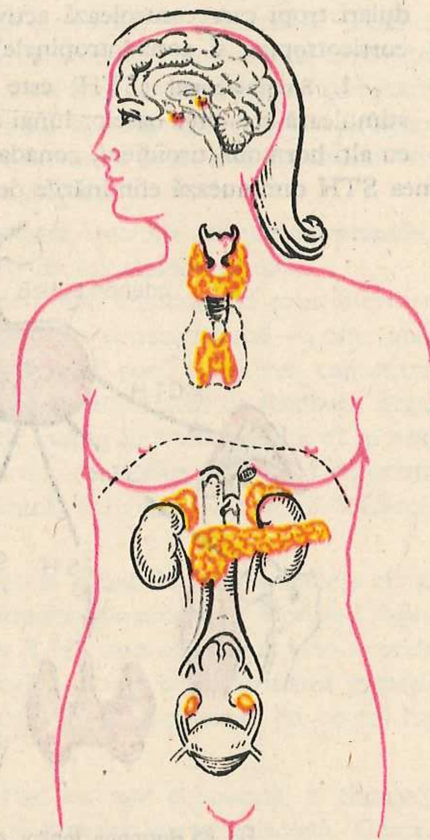


Fig. 42. Localizarea glandelor endocrine.

I. HIPOFIZA

Hipofiza (glanda pituitară), situată la baza creierului într-o lojă formată de șaua turcească a osului sfenoid și duramater, este legată de baza hipotalamusului prin *tija pituitară*. Hipofiza are formă ovoidă, mărimea unui bob de fasole, cîntărește aproximativ 0,5 g la om și este formată din 3 lobi: anterior, intermediar și posterior. Lobul anterior și lobul intermediar au origine embriologică comună, epitelială, iar lobul posterior are origine nervoasă, ca și hipotalamusul. Lobul posterior este legat de hipotalamus prin tractul hipotalamo-hipofizar, iar lobul anterior, prin vase sangvine care, după ce se capilarizează la baza hipotalamusului, se colectează în vene dispuse în jurul tijei hipofizare și apoi se capilarizează din nou la nivelul hipofizei anterioare formînd *sistemul porthipofizar* (descris de Gr. T. Popa și Fielding).

A. Lobul anterior hipofizar este denumit și *adenohipofiza* deoarece are o structură microscopică asemănătoare unei glande și reprezintă aproximativ 75% din masa glandulară. Parenchimul glandular, constituit din cordoane de celule care secretă hormonii adenohipofizari, se află în corelație strînsă cu o rețea foarte bogată de capilare din stroma vasculo-conjunctivă; aceasta conține și numeroase fibre de reticulină, fibre nervoase vegetative. Adenohipofiza secretă o serie de hormoni, și anume: somatotropul, hormonii glandulari tropi care controlează activitatea altor glande endocrine (tirotropina, corticotropina și gonadotropinele) și prolactina (fig. 43).

1. **Somatotropul** (STH) este numit și hormonul de creștere, deoarece stimulează creșterea oaselor lungi și sinteza proteinelor, contribuind împreună cu alți hormoni (tiroidieni, gonadali etc.) la creșterea organismului. Sub acțiunea STH diminuează eliminările de N, P, K, Ca și Na și crește conținutul în

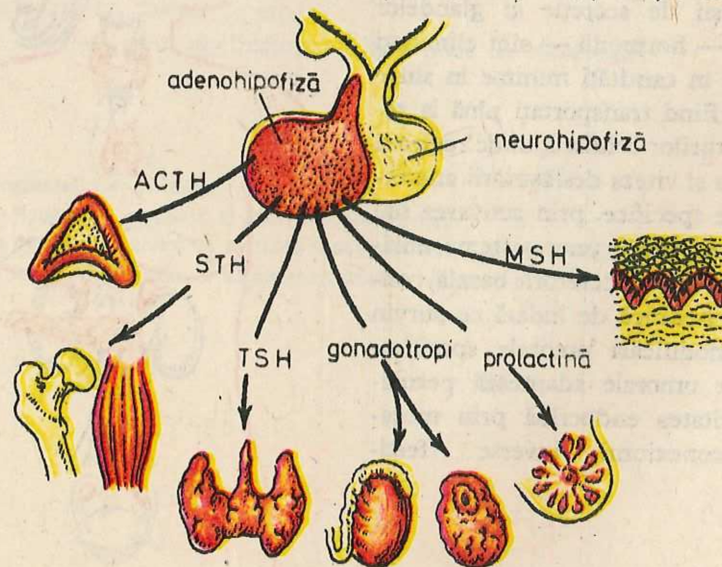


Fig. 43 Hormonii lobilor anterior și intermediar ai hipofizei.

proteine al organismului; hormonul stimulează transportul aminoacizilor în celule și activează încorporarea lor în noi proteine, acțiuni care explică creșterea scheletului și a diferitelor viscere. STH influențează și metabolismul glucidic, stimulînd descărcarea de glucoză din ficat și diminuînd consumul tisular de glucoză, ceea ce are ca rezultat creșterea glicemiei; mobilizează acizii grași din depozitele lipidice ale organismului și stimulează sinteza de corpi cetonici (cetogeneză), furnizînd astfel energie necesară sintezelor proteice. Secreția de STH este controlată de hipotalamus prin doi neurohormoni; unul stimulează secreția iar celălalt o inhibă. Hormonul de creștere se secretă în tot cursul vieții, iar inaniția, hipoglicemia, creșterea concentrației aminoacizilor plasmatici și stărilor de stres produc descărcări crescute de STH.

— Observînd figura 44 — puteți deduce modificările survenite în caz de hipo- sau hipersecreție de STH. Astfel, insuficiența secreției în perioada de creștere are ca rezultat *nanismul hipofizar* (piticismul), caracterizat printr-o dezvoltare somatică redusă dar armonioasă și o dezvoltare psihică normală. Excesul de STH în perioada de creștere a organismului este urmat de *gigantism*, iar dacă survine la adult provoacă *acromegalia*, caracterizată prin creșterea extremităților și a volumului visceral.

2. **Tirotropina** (tirostimulina, TSH) stimulează secreția tiroidiană și creșterea.

— Urmărind schema din figura 45, constatați că secreția de TSH este controlată atît printr-un mecanism de feedback negativ, exercitat de concentrațiile crescute de hormoni tiroidieni asupra adenohipofizei, cît și printr-un mecanism nervos care acționează prin descărcarea unui hormon eliberator de tirotropină din hipotalamus (TRH). Astfel, schimbări survenite în mediul intern sau extern produc modificări adecvate ale secreției tiroidiene.

3. **Corticotropina** (ACTH) stimulează secreția corticosuprarenalei și creșterea, iar în mică măsură și secreția de mineralocorticoizi.

Secreția de ACTH este controlată de centri hipotalamici prin intermediul unui neurohormon — hormonul eliberator de corticotropină —, care ajunge la nivelul adenohipofizei prin vasele sistemului port. Creșterea concentrației plasmatice a glucocorticoizilor liberi, printr-un mecanism de feedback negativ, scade secreția de ACTH, prin acțiune atît asupra hipotalamusului cît și asupra hipofizei, iar diminuarea nivelului glucocorticoizilor liberi plasmatici (de exemplu în insuficiența corticosuprarenaliană cronică) activează sinteza și descărcările de ACTH.

4. **Gonadotropinele** reglează activitatea gonadelor atît la femeie cît și la bărbat. Adenohipofiza secretă doi hormoni gonadotropi: *hormonul foliculostimulant* (FSH) și *hormonul luteinizant* (LH), care acționează într-o corelație strînsă, controlînd atît secreția hormonilor sexuali cît și formarea gameților.

Secreția gonadotropinelor este controlată, de asemenea, de centrii hipotalamici.

5. **Prolactina**, a cărei funcție la bărbat nu este cunoscută, la femeie stimulează dezvoltarea glandelor mamare și menține secreția lactată. Controlul

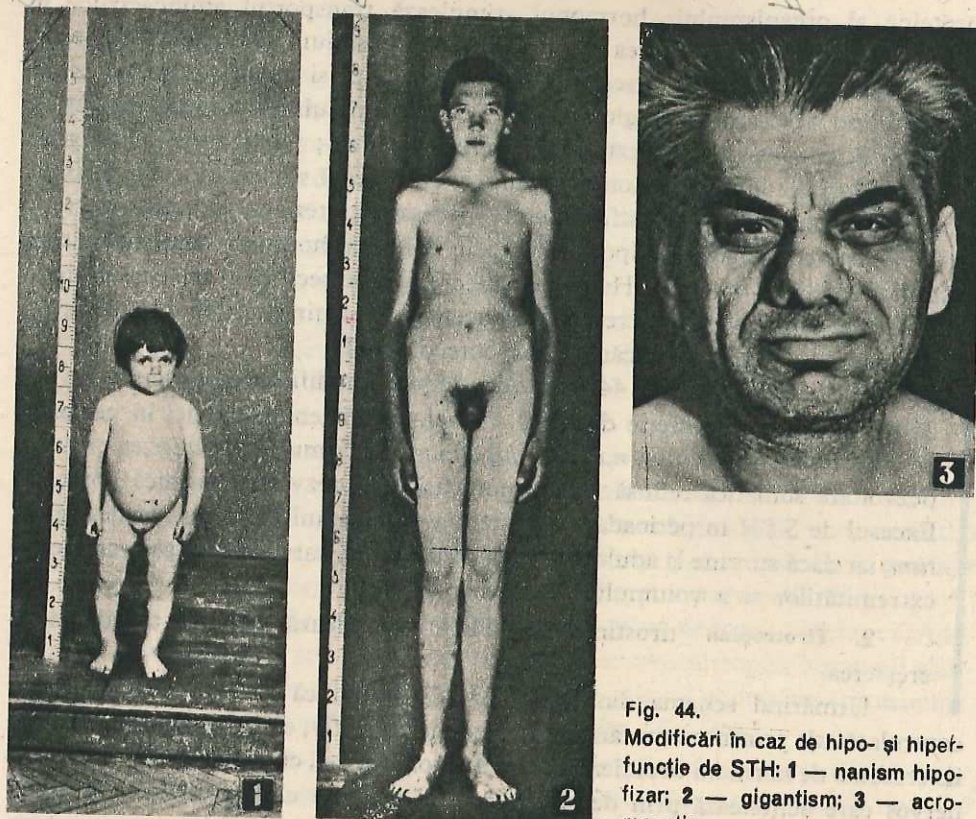


Fig. 44.
Modificări în caz de hipo- și hiperfuncție de STH: 1 — nanism hipofizar; 2 — gigantism; 3 — acromegalie.

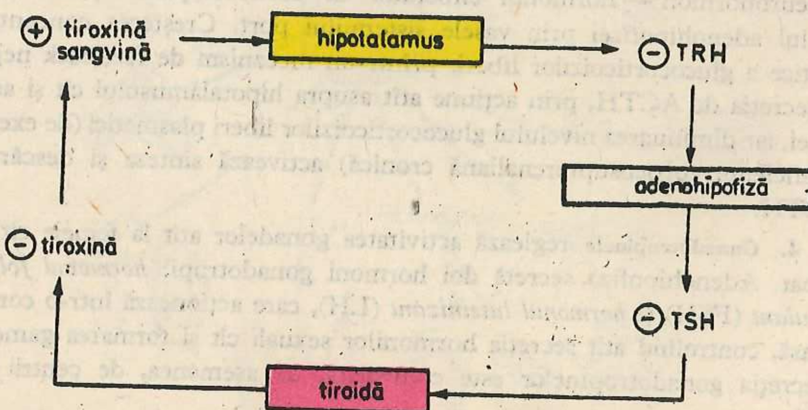


Fig. 45. Reglarea secreției de tiroxină.

secreției de prolactină se efectuează de către centrii hipotalamici prin doi neurohormoni, unul inhibitor și celălalt stimulator. Secreția de prolactină crește după efortul fizic, stresul chirurgical și emoțional, stimularea zonei mamelonare, somn, graviditate. În sarcină secreția de prolactină crește, atingînd un maximum în timpul nașterii și apoi scade, la 8 zile după naștere ajungînd la nivelul de la negravide. Suptul produce o descărcare promptă de prolactină, a cărei intensitate scade după cea de-a 3-a lună de alăptare.

B. Lobul intermediar hipofizar reprezintă doar 2% din masa glandei, are forma unei lame epiteliale, care la adult aderă strîns de lobul posterior și de aceea este dificil de delimitat. Din lobul intermediar s-a izolat *hormonul melanocitostimulator* (MSH) care provoacă pigmentarea pielii, ca urmare a dispersiei granulelor de melanină din celulele melanofore din piele; în lipsa hormonului, granulele de melanină se agregă în jurul nucleului melanoforelor și pielea se decolorează. Acest hormon este prezent la om doar în timpul dezvoltării fetale.

C. Lobul posterior hipofizar împreună cu tija pituitară constituie o unitate morfo-funcțională denumită *neurohipofiză*. Microscopic este alcătuit dintr-o stromă conjunctivo-vasculară, fibre nervoase provenite din tractul hipotalamo-hipofizar, celule gliale și celule din ceilalți lobi hipofizari. Hormonii hipofizei posterioare — *antidiuretic* (ADH) și *ocitocina* — sînt secretați de neuronii hipotalamici anteriori și apoi transportați prin axonii acestor neuroni pînă în lobul posterior hipofizar. Din aceste terminații nervoase hormonii se eliberează direct în sînge.

1. ADH are ca acțiune principală conservarea apei în organism prin scăderea eliminărilor hidrice renale, datorită creșterii permeabilității părții terminale a nefronului. Sub acțiunea ADH volumul urinar scade și concentrația urinară crește. În doze mari hormonul produce creșterea tensiunii arteriale prin acțiunea asupra musculaturii netede din pereții arteriolari și de aceea mai este denumit *vasopresină*.

— Analizînd schema din figura 46 constatați că descărcarea de ADH din neurohipofiză se face sub influența impulsurilor provenite de la nivelul osmoreceptorilor și al baroreceptorilor, printr-un mecanism de feedback. Variațiile volumului lichidelor extracelulare influențează secreția de ADH, iar lezarea nucleilor hipotalamici sau a lobului posterior hipofizar provoacă diabetul insipid. Sindromul, datorat deficitului de ADH, se manifestă prin eliminarea unor mari cantități de urină diluată, concomitent cu ingestia unor cantități de apă corespunzătoare celor pierdute.

2. Ocitocina are ca efect principal contracția celulelor mioepiteliale din pereții canalelor galactofore, urmată de ejecția laptelui; de asemenea, provoacă contracția musculaturii netede a uterului, efect slab pe uterul negravid și din ce în ce mai puternic pe uterul gravid, pe măsură ce sarcina se apropie de termen. În timpul travaliului crește secreția de ocitocină, descărcările crescute de ocitocină contribuind la realizarea expulziei fetale.

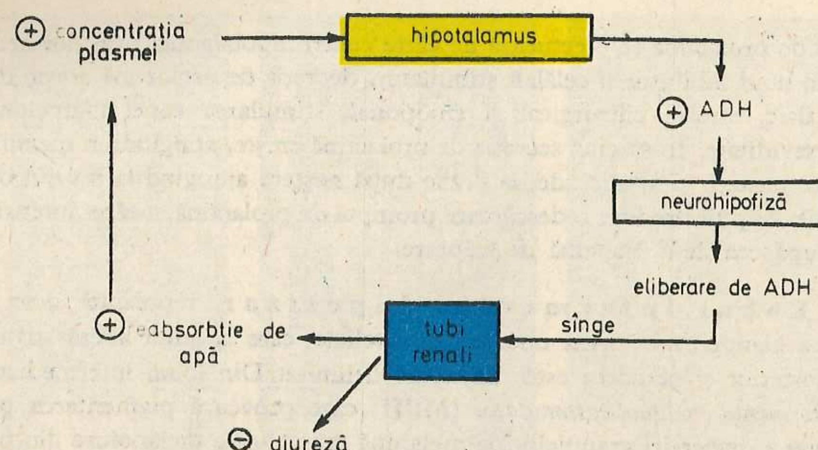


Fig. 46. Reglarea secreției de ADH.

II. GLANDELE SUPRARENALE

— Așa cum ați observat în figura 42, glandele suprarenale sînt în număr de două, situate la polul superior al rinichiului. Sînt alcătuite din două organe endocrine diferite ca origine, structură și funcție: *zona corticală*, de origine mezodermică (la fel ca și glandele sexuale), dispusă periferic înconjură complet *zona medulară*, de origine ectodermică, ce provine din celulele crestei neurale ca și sistemul vegetativ periferic.

A. Medulosuprarenala este constituită din celule mari, ovoide, care sînt neuroni postganglionari simpatici ce și-au pierdut axonii și au dobîndit proprietăți secretorii; de aceea poate fi considerată ca un imens ganglion simpatic. Secreția medulosuprarenalei constă dintr-un amestec, în proporții variabile, de *adrenalină* și *noradrenalină*. Ambii hormoni exercită efecte similare cu ale stimulării simpaticului, dar în timp ce noradrenalina are acțiuni vasculare mai intense, adrenalina activează în special metabolismul energetic. Acțiunile celor doi hormoni pot fi urmărite în tabel:

Locul (nivelul) de acțiune	Efecte	
	adrenalină	noradrenalină
1	2	3
Sistemul cardiovascular	— crește excitabilitatea cardiacă, forța și frecvența contracțiilor inimii — vasoconstricție pe vasele hepatice și vasodilatație pe mușchii scheletici	— aceleași efecte, mai slabe — vasoconstricție pe toate teritoriile vasculare. Creșterea tensiunii arteriale sistemice
Musculatura netedă viscerală	— relaxarea musculaturii tractului digestiv, bronhiilor, vezicii urinare — contracția sfincterelor digestive, splinei, mușchilor erectori ai firelor de păr, dilatatorului pupilar	— aceleași efecte, dar mai atenuate
Acțiuni metabolice	— glicogenoliză hepatică, musculară și hiperglicemie — mobilizarea acizilor grași liberi din depozitele adipoase, acțiune calorigenă, creșterea metabolismului	— — aceleași efecte
Acțiune asupra S.N.C.	— stare de alertă corticală prin stimularea sistemului reticulat ascendent — anxietate și frică	— același efect —

Reglarea secreției medulosuprarenalelor se realizează de către centrii superiori ai SNC exclusiv pe cale nervoasă. În condiții bazale și mai ales în timpul somnului secreția este redusă. În schimb, în diferite condiții care necesită o adaptare rapidă a organismului (efort fizic, frig, asfixie, durere, hipotensiune, hipoglicemie, frică etc.) se produc descărcări importante de hormoni care pun organismul în condiții mai bune pentru a se adapta situației. În aceste situații se modifică și raportul dintre hormonii descărcați. Astfel, în stresurile emoționale cu care subiectul este familiarizat crește proporția de noradrenalină, în timp ce în alte situații neobișnuite crește secreția de adrenalină. Hormonii medulosuprarenali nu sînt esențiali pentru supraviețuire, dar au o importanță deosebită în cursul situațiilor neobișnuite.

B. Corticosuprarenala secretă hormoni care derivă din colesterol, și care, în funcție de acțiunile lor principale, se clasifică în 3 grupe: mineralocorticoizi, glucocorticoizi și hormoni sexuali (sexosteroizi).

1. *Mineralocorticoizii* sînt reprezentați, în principal, de *aldosteron* care, acționînd la nivelul tubilor distali și colectori, mărește reabsorbția Na^+ din urină prin schimburi ionice cu K^+ și H^+, avînd ca rezultat creșterea eliminărilor de K^+ și a acidității urinare.

2. *Glucocorticoizii* sînt reprezentați în special de *cortizol*. Eliminat în sînge, cortizolul este legat de o proteină și numai o cantitate redusă rămîne sub formă liberă, răspunzătoare de acțiunile tisulare ale hormonului și de controlul secreției sale.

— Prezentați aceste acțiuni, analizînd tabelul:

Acțiuni				
Metabolice	Sangvine	Digestive	Renale	SNC
— hiperglicemie — creșterea lipemiei — activarea catabolismului proteic — creșterea eliminărilor de N	— crește numărul leucocitelor, eritrocitelor și plachetelor sangvine	— crește secreția de HCl și de pepsinogen — scade absorbția lipidelor	— crește filtrarea glomerulară — scade permeabilitatea tubilor distali, pentru H_2O — stimulează eliminarea excesului de H_2O	— modificări EEG — incapacitate de concentrare — iritabilitate; — crește sensibilitatea la stimuli olfactivi și gustativi

Reglarea secreției glucocorticoizilor se realizează prin mecanisme neuroumorale. Atît în condiții bazale cît și după agresiuni secreția de glucocorticoizi este controlată de ACTH, printr-un mecanism de feedback, declanșat de variațiile concentrației plasmatice a cortizolului liber.

III. TIROIDA

Tiroida, cea mai voluminoasă glandă endocrină (25—30 g), este situată în partea anterioară a gîtului într-o lojă fibroasă.

— Urmăriți figura 47 pentru a înțelege aspectul structural al glandei. Macroscopic apare formată din *doi lobi laterali*, uniți între ei printr-o porțiune de țesut glandular numită *istm*. Microscopic este constituită dintr-o stromă conjunctivă care conține formațiuni veziculoase (foliculi), mărginite de un strat de celule epiteliale secretoare, conținînd un material vîscos denumit *coloid*, care reprezintă un depozit de hormoni. În coloidul tiroidian se găsesc mai multe proteine, principală fiind *tiroglobulina* sintetizată de către celulele foliculare. Prin iodarea aminoacidului *tirozină*, din structura tiroglobulinei, se produc hormonii tiroidieni — *tiroxina* și *triiodotironina* — care sînt eliberați cînd o cer necesitățile organismului.

Hormonii tiroidieni exercită efecte tisulare identice, dar triiodotironina acționează mai rapid și este mai activă decît tiroxina. Principalul efect al hormonilor tiroidieni este cel calorigen, care constă în stimularea oxidărilor tisulare și a consumului de O_2, evidențiat prin creșterea metabolismului bazal (M.B.), în aproape toate țesuturile metabolic active, cu excepția creierului, testiculilor,

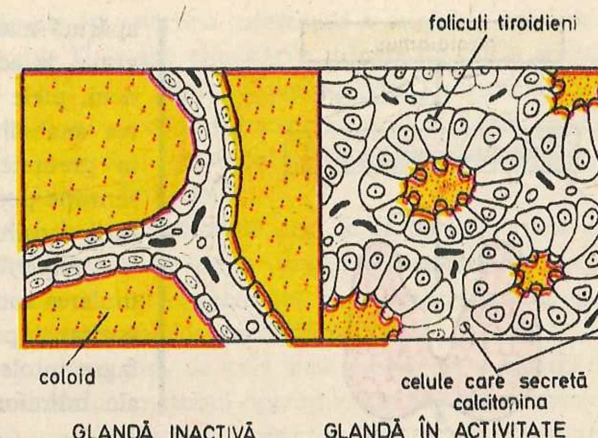


Fig. 47. Secțiune microscopică prin tiroidă.

uterului. După extirparea chirurgicală a tiroidei scade progresiv M.B., concomitent cu consumul de O_2 al țesuturilor, iar administrarea de hormoni tiroidieni exercită efecte inverse. Principalele acțiuni ale hormonilor tiroidieni sînt: **1.** creșterea excreției de azot, ca urmare a intensificării catabolismului proteinelor musculare și plasmatice și scăderea rezervelor adipoase, consecutiv activării lipolizei. De aceea, dacă nu se administrează cantități suplimentare de alimente, hormonii tiroidieni produc scăderi în greutate; **2.** scăderea sintezei de colesterol, dar mai ales activarea mecanismelor hepatice care înlătură colesterolul din circulație; **3.** Creșterea absorbției intestinale de glucoză dar și a catabolismului ei tisular, concomitent diminuînd depozitele hepatice de glicogen; **4.** hormonii tiroidieni produc iritabilitate, neliniște; **5.** controlează creșterea și dezvoltarea normală. Tratarea cu tiroxină a mormolocilor accelerează metamorfoza lor, în schimb, hiposecreția de hormoni tiroidieni la organismele imature provoacă tulburări de creștere și dezvoltare; **6.** controlează dezvoltarea gonadelor și menținerea activității lor normale; **7.** împreună cu prolactina, sînt principalii hormoni care mențin secreția lactată.

— Analizînd conținutul figurii 48 veți putea înțelege reglarea secreției tiroidiene. Deduceți că, în condiții obișnuite, activitatea tiroidei este controlată de adenohipofiză prin TSH, în funcție de concentrația sangvină a tiroxinei. Cînd crește necesitatea de tiroxină (frig, stimuli psihici) intervine mecanismul nervos hipotalamic eliberînd TRH (hormonul eliberator de tirotropină) care, ajunsă pe cale sangvină la adenohipofiză, stimulează secreția de TSH — și, în consecință, secreția de tiroxină (feedback). Efectul inhibitor se realizează printr-un mecanism asemănător de feedback (de exemplu, căldură).

— Observînd figura 49 constatați unele modificări instalate în caz de *insuficiență tiroidiană* și care determină tulburări variate în funcție de gradul deficienței hormonale și de vîrsta la care a survenit. Absența congenitală a tiroidei sau incapacitatea genetică a glandei de a secreta hormoni se manifestă prin *cretinismul gușogen*, caracterizat printr-o dezvoltare fizică și psihică deficitară, piele uscată și îngroșată, gușă endemică, deformații osoase, defecte ale dentiției, dezvoltare întîrziată a organelor genitale. Insuficiența tiroidiană

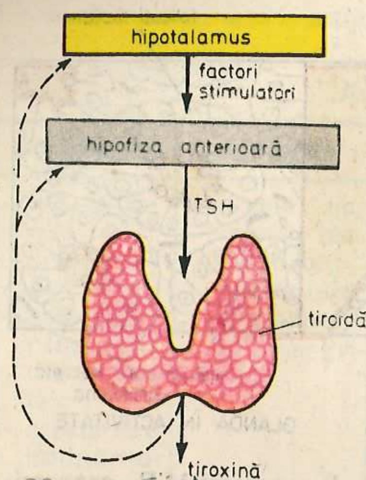


Fig. 48. Reglarea secreţiei tiroidiene.

apărută mai tîrziu are efecte mai puţin grave, la adult se manifestă prin mixedem, piele uscată şi îngroşată, stimularea anabolismului, urmată de creşterea în greutate, căderea părului, anemie, senzaţie permanentă de frig, reacţii motorii şi psihice întîrziate.

Hiperfuncţia tiroidiană provoacă stimularea catabolismului, urmată de nervozitate, pierdere în greutate, hiperfagie, intoleranţă la căldură, tremurături ale mîinilor, piele caldă şi umedă, şi

TOBIAS PRUNG FIIND



Fig. 49. Modificări în caz de hipo- şi hiperfuncţie tiroidiană: 1 — mixedem; 2 — guşă endemică.

creşteri ale M.B. Forma cea mai obişnuită este *boala Basedow-Graves* sau guşa exoftalmică, în care tiroida este mărită şi globii oculari sînt proeminenţi — **Reţineţi!** Contribuţii valoroase în diagnosticarea şi eradicarea guşei endemice a adus şcoala românească de endocrinologie.

IV. PARATIROIDELE

Paratiroidele (două perechi la om) sînt situate pe faţa posterioară a lobilor tiroidieni. Examenul microscopic arată alcătuirea lor din cordoane celulare anastomozate şi o stromă conjunctivă care conţine vase sanguine, limfatice şi nervi. Paratiroidele sînt esenţiale pentru viaţă, ele secretă parathormonul.

Parathormonul: — stimulează resorbţia intestinală a calciului, acţionînd în strînsă corelaţie cu vitamina D; scade eliminările urinare de calciu stimulînd eliminările de fosfaţi şi K prin scăderea reabsorbţiei lor tubulare; la nivelul oaselor, parathormonul mobilizează sărurile fosfo-calcice, prin creşterea numărului şi stimularea activităţii osteoclastelor. Urmarea acestor efecte este creşterea calcemiei şi scăderea fosfatemiei.

Reglarea secreţiei paratiroidiene, independentă atît de controlul nervos cît şi de cel al adenohipofizei, se realizează printr-un mecanism de feedback în funcţie de concentraţia sangvină a calciului ionizat şi, secundar, de concentraţia sangvină a fosfaţilor, acţionînd direct asupra celulelor paratiroidiene.

Insuficienţa paratiroidiană, consecinţă de cele mai multe ori a extirpării sau lezării chirurgicale a paratiroidelor în cursul operaţiilor pe tiroidă, provoacă tetania, caracterizată prin scăderea calcemiei, creşterea fosfatemiei, creşterea excitabilităţii neuromusculare manifestată prin spasme ale musculaturii striate, la care se adaugă uneori spasme ale musculaturii netede, şi, în special, ale laringelui care pot provoca moartea prin asfixie.

Hiperfuncţia paratiroidiană (consecinţa unor tumori secretante de parathormon, dar mai ales a unor afecţiuni care scad calcemia), este caracterizată prin demineralizări osoase dureroase, cu deformări şi fracturi, creşteri ale calcemiei, urmate de depuneri fosfo-calcice în ţesuturile moi, sau de formare de calculi urinari.

Calcitonina secretată de celule speciale din tiroidă şi paratiroide exercită acţiuni antagoniste parathormonului, scăzînd concentraţia sangvină a calciului şi fosforului, în special prin diminuarea mobilizării din oase a acestor ioni. Secreţia de calcitonină este stimulată de creşterea concentraţiei calciului plasmatic.

V. PANCREASUL ENDOCRIN

Pancreasul, pe lîngă rolul său fundamental în procesele de digestie, este şi o glandă endocrină de importanţă majoră, prin cei doi hormoni pe care îi secretă: insulina şi glucagonul. Activităţile secretorii pancreatice se realizează prin structuri celulare diferite: *celulele acinilor glandulari* secretă sucul pancreatic şi *celulele insulelor Langerhans* secretă hormonii. Insulele Langerhans sînt constituite în proporţie de aproximativ 75% din celule care secretă insulină (celule B) şi 20% din celule care secretă glucagon (celule A).

1. Insulina este sintetizată în celulele B şi descărcată în sînge; este fixată rapid în multe ţesuturi şi în special în ficat şi rinichi. Insulina exercită efecte importante în reglarea metabolismului intermediar: stimulează pătrunderea glucozei în anumite celule a căror membrană plasmatică nu permite intrarea liberă a glucozei (ţesutul muscular, adipos etc.) şi intensifică consumul tisular de glucoză. — La nivel hepatic şi muscular, activează transformarea glucozei în glicogen prin glicogenogeneză. În ţesutul adipos stimulează transformarea glucozei în trigliceride. — Are efect inhibitor asupra proceselor de gluconeo-

geneză hepatică. Deci, prin toate aceste efecte, insulina este principalul hormon hipoglicemiant al organismului. — Stimulează sinteza de proteine, atît prin creșterea permeabilității membranelor celulare pentru aminoacizi, cît și prin „cruțarea" acestora de a fi oxidați în celule ca material energogenetic.

Reglarea secreției de insulină se face predominant prin nivelul glicemiei. Experimental s-a demonstrat că irigarea pancreasului cu sînge hiperglicemic mărește descărcările de insulină, în timp ce irigarea cu sînge hipoglicemic diminuează secreția insulinică. Influențele intervin direct asupra celulelor B insulare și prin impulsuri nervoase vagale. Mecanismul direct este cel mai important, deoarece secreția insulinică își menține adaptabilitatea și dacă pancreasul este transplantat în circuitul sangvin carotido-jugular. Secreția este stimulată și de alte monozaharide (fructoză, manoză), de aminoacizi și de cetoacizi, precum și de hormoni ca: secretina, colecistokinina, gastrina, glucagon. În schimb, adrenalina și noradrenalina inhibă secreția insulinică prin efect direct asupra pancreasului.

Hiposecreția insulinică. Scăderea cantității de insulină activă la nivel tisular determină *diabetul zaharat*, caracterizat în stadii evolutive mai avansate, prin: hiperglicemie, glucozurie, poliurie, polifagie cu scădere în greutate. În stadii mai grave, ca urmare a tulburărilor metabolismului intermediar glucidic, lipidic și protidic din cauza deficitului insulinic, se sintetizează în cantități crescute și se acumulează în organism corpi cetonici, care prin acțiunea lor nocivă asupra centrilor nervoși superiori pot provoca coma diabetică și chiar moartea, în lipsa unui tratament corespunzător.

Hipersecreția insulinică este caracterizată prin hipoglicemie, care se accentuează ca urmare a unor activități ce măresc consumul de glucoză. Are consecințe în special asupra sistemului nervos central, care este lipsit de rezerve glicogenice și consumă predominant glucoză, pentru activitatea sa. Alterările funcționale ale sistemului nervos, consecutive hipoglicemiei, pot merge pînă la instalarea unei stări de comă.

2. **Glucagonul** este secretat de către celulele A insulare, dar și de celule similare acestora, prezente în pereții stomacului și duodenului. Descărcat în sînge, dispare mai rapid decît insulina, fiind degradat în diferite țesuturi și în special în ficat. Glucagonul provoacă hiperglicemie prin glicogenoliză hepatică (nu și musculară), stimulează gluconeogeneza din aminoacizi, exercită efect lipolitic prin activarea lipazei din celulele adipoase.

Reglarea secreției de glucagon. Secreția de glucagon diminuează în condiții hiperglicemice și crește în hipoglicemii fiind, împreună cu hormonii medulosuprarenalieni, principalii hormoni hiperglicemianți ai organismului. Secreția de glucagon crește în timpul inaniției, fiind unul din factorii care stimulează gluconeogeneza, care menține nivelul glicemic în condițiile absenței aportului alimentar.

— Rețineți!

Nicolae Paulescu a fost primul om de știință care a făcut un extract pancreatic cu acțiune insulinică, experimentat pe animale la care provocase un diabet prin extirparea pancreasului.

VI. EPIFIZA

Epifiza (glanda pineală), situată în partea posterioară a diencefalului, este constituită dintr-o stromă în care se găsesc celule nevroglice cu caracter secretor și numeroase fibre nervoase simpatice. Glanda atinge dezvoltarea maximă în copilărie și apoi începe să involueze înainte de pubertate. Are legături nervoase cu retina. Funcțiile epifizei nu sînt încă bine cunoscute. S-a dovedit că glanda secretă indoli, polipeptide etc., cel mai cunoscut fiind *melatonina*, considerată hormonul activ al glandei. Fibrele simpatice influențate de retină controlează secreția epifizară, în funcție de intensitatea luminii; lumina puternică scade sinteza iar întunericul are efecte stimulatoare. Melatonina exercită efecte inhibitoare asupra eliberării hormonilor gonadotropi hipofizari (FSH și LH) și asupra axului hipotalamo-hipofizo-corticosuprarenalian, precum și asupra unor nuclei ai hipotalamusului.

— Rețineți!

Rolul epifizei este studiat recent și cu contribuția valoroasă a școlii românești endocrinologice.

VII. TIMUSUL

Timusul este un organ limfoid dotat și cu rol endocrin, situat înapoia sternului. Dezvoltat maxim în copilărie, după pubertate involuează, dar nu dispare complet nici la vîrste foarte înaintate.

La periferia timusului există o capsulă formată din țesut conjunctiv fibros, care trimite prelungiri ce împart organul într-un număr de lobuli, cu formă și dimensiuni variate. Histologic lobulul timic este constituit dintr-o rețea formată prin unirea prelungirilor unor celule reticulare, în ochiurile rețelei fiind prezente numeroase celule numite *timocite*. Acestea provin din celulele primordiale hematopoetice din măduva osoasă, diferențiate pe linie limfocitară. Ele migrează în circulația generală; ajung în timus, unde sub influența unor factori locali proliferează intens, migrează apoi din timus și vor popula organele limfoide periferice (ganglionii limfatici, splina etc.). Limfocitele diferențiate în timus (limfocite T) contribuie la imunitatea celulară a organismului. Timusul secretă și un hormon ce mărește activitatea limfocitelor T care au părăsit timusul și au migrat în organele limfoide periferice.

TEME

- Precizați hormonii care intervin în reglarea metabolismului glucidic și sensul lor de intervenție.
- Cuprindeți într-un tabel hormonii care influențează homeostazia fosfo-calcică și sodiu-potasiu.
- Realizați o schemă care să ilustreze modificarea secreției de insulină prin feedback pozitiv și negativ.

SISTEMUL OSOS

Mişcarea se realizează cu ajutorul a două sisteme: *sistemul osos* şi *sistemul muscular*, formînd aparatul locomotor.

Totalitatea oaselor din corp (aproximativ 200 la număr), legate între ele prin articulaţii, formează scheletul corpului. El reprezintă partea pasivă a aparatului locomotor.

Forma, structura şi modul de legătură a oaselor pentru a forma scheletul corpului uman reprezintă expresia adaptării la staţiunea bipedă şi locomoţie.

ŢESUTUL OSOS

Ţesutul osos este o varietate de ţesut conjunctiv, adaptată la maximum funcţiei de susţinere şi rezistenţă. Aceasta se datorează impregnării substanţei fundamentale cu săruri minerale (fosfo-calcice) şi orientării fibrelor conjunctive sub influenţa forţelor mecanice care acţionează asupra osului.

Celulele osoase sînt de trei tipuri: *osteoblaste*, celule tinere care secretă substanţa preosoasă care le înconjură complet devenind *osteocite*, celule cu formă ovalară şi turtită, cu multe prelungiri (fig. 50). Osteocitele sînt adăpostite în cavităţi stelate sau fuziforme, denumite *osteoplaste*. Aceste cavităţi comunică între ele prin numeroase canalicule osoase, subţiri, care se anastomozează cu canaliculele osteoplastelor învecinate. Prin aceste canalicule pătrund prelungirile osteocitelor, care nu se anastomozează cu ale osteocitelor vecine. *Osteoclastul* este o celulă gigantă multinucleată care îndeplineşte funcţia de distrugere şi limitare a formării ţesutului osos, în funcţie de necesităţile fiziologice. Posedă un bogat echipament enzimatic.

Substanţa fundamentală a ţesutului osos are două componente: organică şi anorganică.

— *Componenta organică*, în proporţie de 34%, este formată de oseină, substanţă secretată de osteoblaste.

— *Componenta anorganică*, în proporţie de 66%, este formată în mare parte de săruri de calciu şi fosfor.

Oseina, impregnată cu sărurile minerale, se dispune sub forma unor *lamele osoase*.

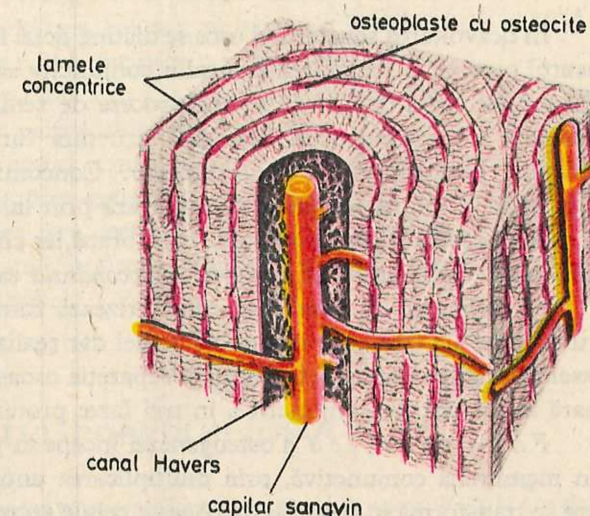


Fig. 50. Secţiune prin osul compact.

În funcţie de dispunerea lamelelor osoase se deosebesc două varietăţi de ţesut osos: compact şi spongios.

— *Ţesutul osos compact* formează diafiza oaselor lungi, stratul de la suprafaţa epifizelor şi a oaselor scurte, precum şi lamele internă şi externă ale oaselor late.

Pe secţiune transversală în diafiza unui os lung se observă, în centru, canalul medular ce conţine măduvă roşie (la făt) şi galbenă (la adult). La exterior periostul acoperă diafiza. Între periost şi canalul medular se află substanţa osoasă a diafizei, formată din lamele osoase dispuse concentric în jurul unor canale subţiri — *canalele Havers* (fig. 50). În interiorul acestor canale se află capilare sangvine, terminaţiuni nervoase şi ţesut conjunctiv lax, în cantitate redusă. Canalele Havers străbat osul pe toată lungimea lui şi se leagă între ele prin canale oblice sau transversale. Ansamblul format de un canal Havers, de lamelele osoase care îl înconjură şi de componentele aflate în aceste formaţiuni (osteoplaste cu osteocite) constituie o unitate morfologică şi funcţională — *osteon* — (sistem haversian). Între sistemele haversiene se găsesc arcuri de lamele osoase denumite *sisteme interhaversiene*.

— *Ţesutul osos spongios* se află în epifizele oaselor lungi şi în interiorul oaselor scurte şi late. Este format din lamele osoase denumite *trabecule*, ce se întretaie delimitînd cavităţi — *areole* — de aspect şi mărimi diferite. Acestea dau osului spongios aspectul unui burete. Areolele comunică între ele şi conţin măduvă osoasă roşie (hematogenă).

OSTEOGENEZA

Procesul de transformare a scheletului cartilaginos şi conjunctiv-fibros al embrionului şi fătului în scheletul osos al adultului constituie *osteogeneza*. Acest proces începe încă din a 4-a săptămînă a vieţii embrionare.

În dezvoltarea scheletului osos se disting două faze: în prima fază se formează țesutul osos, prin înlocuirea țesutului conjunctiv sau cartilaginos și se constituie *osul primar*. În a doua fază au loc procese de remaniere și distrugere, adică de modelare a țesutului osos, care dau structura funcțională caracteristică osului definitiv, constituindu-se *osul secundar*. Concomitent osul crește în lungime și grosime. Cînd osteogeneza se realizează prin înlocuirea unui țesut conjunctiv se numește *endoconjunctivă* sau de membrană, iar cînd se realizează prin osificarea unui țesut cartilaginos se numește *endocondrală* sau de cartilaj.

— *Osificarea de membrană* caracterizează formarea oaselor bolții craniene, a unor oase ale feței, a corpului claviculei, dar realizează și creșterea în grosime a oaselor lungi pe seama periostului și reparația osoasă în caz de fracturi. Se desfășoară în membrane conjunctive, în trei faze: proteică, minerală și de remaniere.

Faza proteică a osteogenezei începe în jurul unor centre de osificare, din membrana conjunctivă, prin multiplicarea unui grup de celule conjunctive, care se transformă în osteoblaste. Aceste celule secretă materialul proteic din care se formează fibrele colagene, precum și oseina (substanța preosoasă) care ajunge să le înconjure complet.

Faza minerală constă în impregnarea substanței preosoase cu săruri de calciu, în special fosfat tricalcic, formîndu-se astfel substanța osoasă. Pe parcursul acestei faze, osteoblastele înconjurate de substanță osoasă, își pierd capacitatea secretorie și se transformă în osteocite. Suprafața osului este acoperită de *periost*, o membrană conjunctivo-vasculară. Prin fuzionarea tuturor centrelor de osificare se formează osul primar, nediferențiat.

Faza de remaniere corespunde cu modelarea structurii osului primar, adaptată funcțiilor lui.

— *Osificarea de cartilaj* caracterizează osificarea vertebrelor, oasele membrelor sau cele care formează baza craniului. Are loc în organe cartilaginoase care prefigurează modelul viitorului os. Se realizează tot în trei faze: de distrugere a cartilajului, de osificare și de remaniere.

Faza de distrugere a cartilajului începe prin înmulțirea condroblastelor, care apoi se hipertrofiază și se distrug. Condroblastele distrug substanța fundamentală din jurul lor, formînd o serie de cavități cu formă neregulată în care vor pătrunde muguri de țesut conjunctivo-vascular din pericondru (membrana care învelește cartilajul și care se va transforma în periost).

Faza de osificare se realizează pe seama țesutului conjunctivo-vascular care a invadat cartilajul. Celulele acestui țesut devin osteoblaste care secretă oseină, avidă de săruri minerale și prin care se realizează formarea substanței osoase, ca și în osificarea de membrană, cu deosebirea că țesutul conjunctiv osteogen se găsește în interiorul substanței cartilaginoase calcificate, care treptat este distrusă prin înlocuirea cu substanță osoasă.

Faza de remaniere se caracterizează prin fenomene de osteogeneză secundară în care, prin osteoliză, are loc formarea osului, în concordanță cu funcțiile lui speciale.

Oasele, odată formate, cresc atît în lungime cît și în grosime.

Creșterea în lungime caracterizează oasele lungi și se realizează pe seama cartilajelor de creștere care se găsesc la limita dintre diafiză și epifiză; ele asigură formarea de țesut osos nou spre diafiză.

Creșterea în grosime se face la toate formele de oase și este asigurată prin funcționarea periostului care, prin zona lui internă (osteogenă), produce osteoblaste ce se adaugă țesutului osos mai vechi, osul îngroșîndu-se.

Osteogeneza este un proces general al organismului ce se realizează sub influența sistemului nervos, care coordonează activitatea mai multor factori: mecanici, endocrini (hormoni hipofizari, tiroidieni, sexuali), vitamine A, D, C, enzime și alți factori metabolici.

SCHELETUL CORPULUI UMAN

Scheletul este reprezentat prin totalitatea oaselor din corp. Părțile acestuia diferă în mod considerabil după forma și rolul fiziologic. Raportîndu-le la principalele regiuni ale corpului, distingem: scheletul capului, scheletul trunchiului și scheletul membrelor.

— Urmăriți figura 51 și observați principalele oase care alcătuiesc scheletul.

Scheletul capului este alcătuit din *neurocraniu*, care adăpostește encefalul și *viscerocraniu*, care formează oasele feței și conține segmentele periferice ale unor analizatori și segmentele inițiale ale aparatelor respirator și digestiv. La alcătuirea neurocraniului iau parte 8 oase; patru neperechi — frontal, etmoid, sfenoid și occipital și două perechi — temporale și parietale.

Scheletul trunchiului este format din *coloana vertebrală*, *coaste*, *stern* la care — din cauza legăturilor funcționale — se adaugă și *bazinul* (pelvisul).

Coloana vertebrală — segmentul axial al scheletului trunchiului — este alcătuită din 33—34 *vertebre*.

Vertebrele sînt dispuse metameric — una deasupra alteia — și sînt împărțite, după regiunile cărora le aparțin, în vertebre: cervicale (7), toracale (12), lombare (5), sacrale (5) și coccigiene (4 sau 5).

Fiecare vertebră este formată dintr-un *corp vertebral*, în partea ventrală și un *arc vertebral*, în partea dorsală. *Gaura vertebrală* este cuprinsă între arc și corp. Prin suprapunerea vertebrelor se formează un canal în care se găsește măduva spinării. Arcul vertebral posedă cîte trei prelungiri — *apofize*. Morfologia vertebrelor diferă de la o regiune la alta a coloanei, în funcție de rolul lor.

Coloana vertebrală prezintă, în plan sagital (antero-posterior), *4 curburi fiziologice*: cervicală, toracală, lombară, sacrală. Aceste curburi cresc rezistența și elasticitatea coloanei vertebrale, menținînd poziția normală a corpului.

Coastele sînt 12 perechi de arcuri osoase dintre care primele 10 perechi din regiunea toracală a coloanei vertebrale se unesc cu sternul.

Sternul este un os lat, situat pe linia mediană, în partea anterioară a toracelui. La partea superioară a sternului se articulează claviculele, iar pe marginile

TOBIAS ÎNTORS DIN MISIUNE
US ARMY

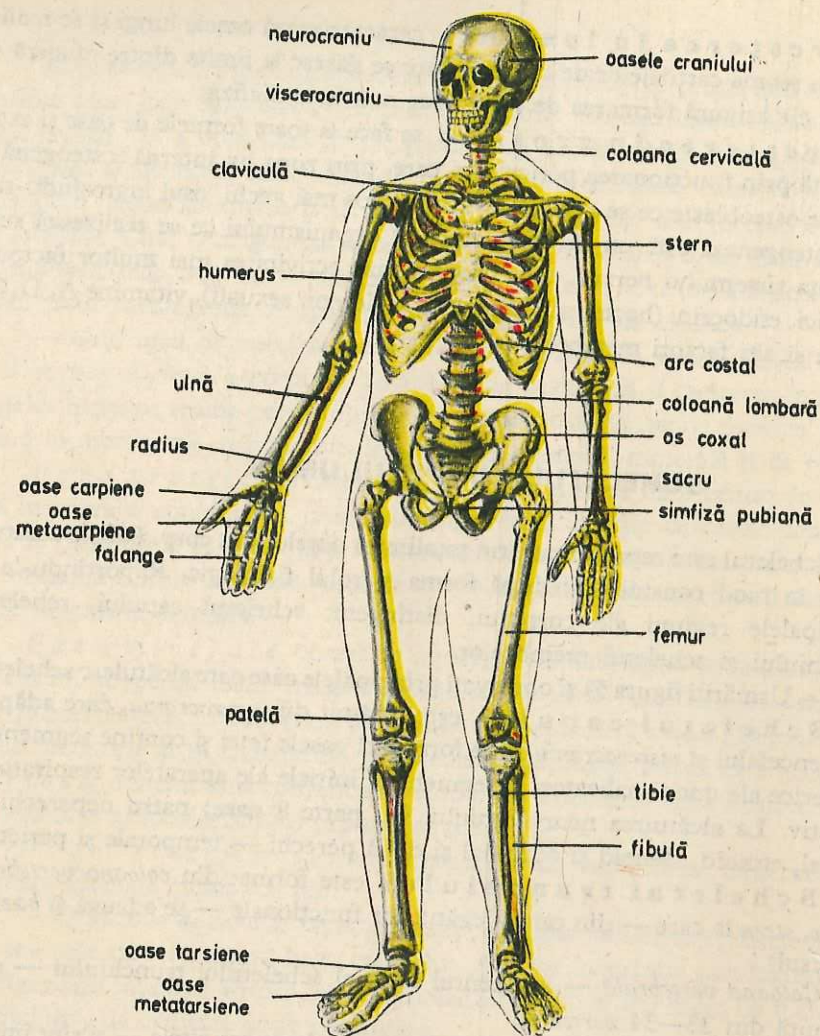


Fig. 51. Scheletul.

laterale se articulează primele 7 perechi de coaste. Segmentul său inferior (apendicele xifoid) rămîne multă vreme cartilaginos.

Scheletul membrelor. *Membrele superioare* se leagă de scheletul toracic prin două oase, *omoplatul* și *clavicula*, care formează *centura scapulară*.

Membrul superior propriu-zis are trei segmente: *brațul, antebrațul* și *mîna*.

Scheletul brațului este alcătuit din *humerus;* cel al antebrațului, din două oase: *radius* și *ulna*, solidarizate între ele printr-o membrană conjunctivă — *membrana interosoasă*.

Scheletul mîinii este alcătuit din oasele *carpiene* (8), *metacarpiene* (5) și *falange*.

Membrele inferioare se leagă de coloana vertebrală prin *centura pelviană*, formată din cele două *oase coxale* care se articulează între ele anterior pe linia mediană, la nivelul *simfizei pubiene*, iar posterior se articulează cu osul *sacrum*, formînd scheletul bazinului (pelvisul), care la femei e mai larg și mai scund.

Scheletul membrului inferior este format din *scheletul coapsei, scheletul gambei* și *scheletul piciorului*. Scheletul coapsei este reprezentat prin *femur*. În zona articulației genunchiului se află un os mic *patela* (rotula).

Scheletul gambei este alcătuit din *tibie* și *fibulă*. Scheletul piciorului este format din *oasele tarsiene* (7), *metatarsiene* (5) și *falange*.

Piciorul, adaptat pentru stațiunea bipedă, are o construcție în boltă, atît în sens longitudinal cît și în sens transversal.

ROLUL ȚESUTULUI OSOS ÎN ORGANISM

1. Țesutul osos, caracterizat printr-un bogat conținut în săruri minerale, conferă scheletului duritatea necesară și rolul de aparat de susținere.

2. Prin rezistența dată de compoziția chimică a țesutului osos, cutia toracică și cea craniană protejează organe de importanță vitală.

3. Depozit de săruri minerale, deține un rol important în menținerea echilibrului fosfo-calcic.

4. Prin măduva roșie, oasele generează o mare parte a elementelor figurate.

5. Acționînd ca pîrghii, oasele au rol fundamental în realizarea mișcărilor corpului.

SISTEMUL MUSCULAR

Sistemul muscular este principalul sistem efector prin intermediul căruia organismul reacționează la modificările mediului ambiant și la comenzile voluntare. Pe baza structurii și a proprietăților funcționale, mușchii se împart în trei categorii: *mușchii striați*, care formează cea mai mare parte a musculaturii somatice (scheletice) și o parte din musculatura digestivă, *mușchii netezi* care formează musculatura unor organe interne și *mușchiul striat de tip cardiac* (miocardul).

PRINCIPALELE GRUPE DE MUSCHI SOMATICI

Mușchii somatici pot fi grupați după segmentele corpului în mușchii capului, gîtului, trunchiului și membrelor (fig. 52).

Mușchii capului, după acțiunea pe care o îndeplinesc, sînt grupați în *mușchi ai mimicii* sau cutanați și mușchi care acționează asupra articulației temporomandibulare, denumiți și *mușchi masticatori.*

Mușchii mimicii sînt grupați în jurul orificiilor bucal, nazal, orbital și auditiv, avînd rol de dilatatori sau constrictori.

Alături de ei mușchiul frontal și mușchiul occipital contribuie la exprimarea atenției etc.

Mușchii masticatori, prin acțiunea lor ridică mandibula și intervin în actul masticației *(maseteri)*.

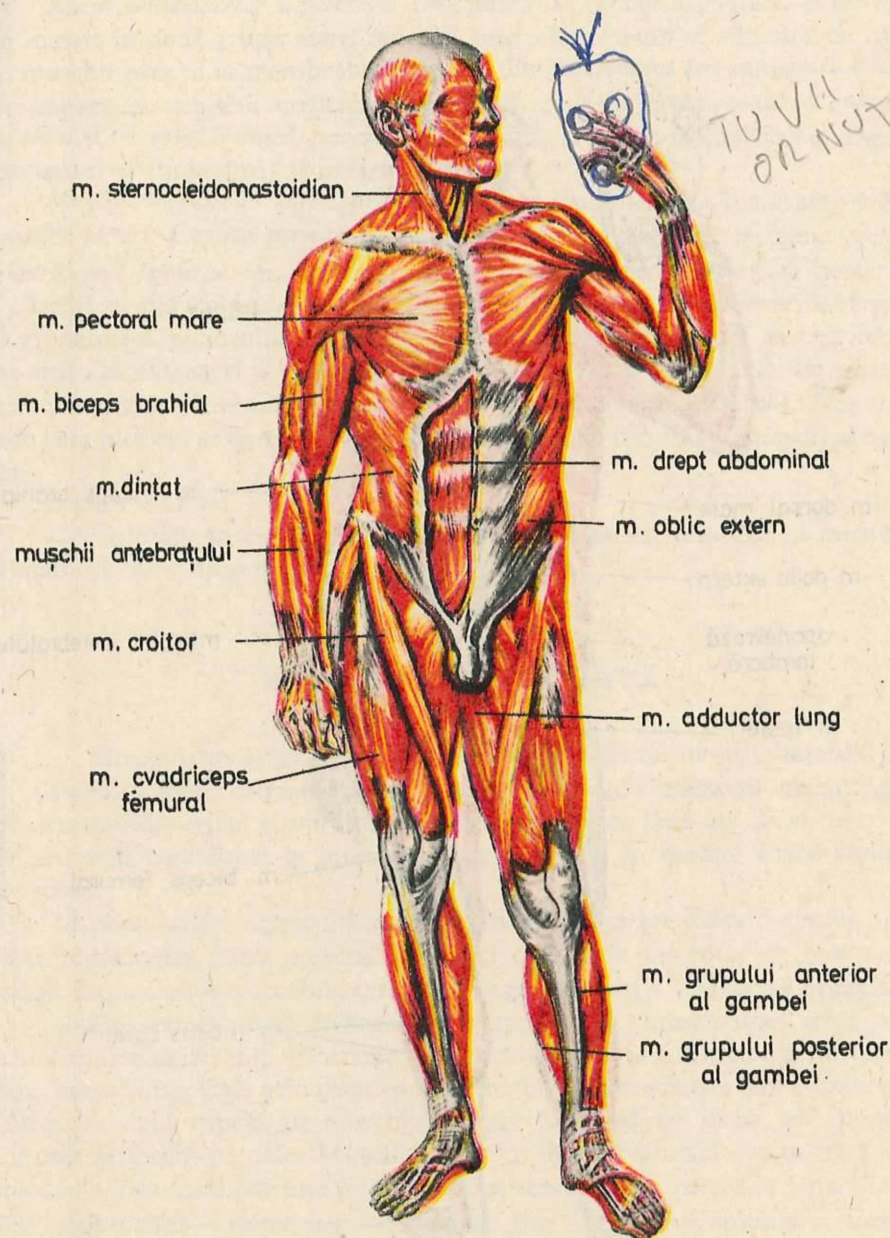
Mușchii gîtului. Mai importanți sînt: *pielosul gîtului, sternocleido-mastoidienii* și *hioidienii.*

Mușchii trunchiului se grupează, după originea și acțiunea lor, în mușchi posteriori — ai spatelui și ai cefei — și mușchi antero-laterali — ai toracelui și ai abdomenului.

a) Mușchii spatelui și cefei sînt dispuși, unii în plan superficial — mușchii trapezi și marii dorsali — și alții în plan profund — mușchii șanțurilor vertebrale.

b) Mușchii toracelui. Principalii mușchi ai toracelui sînt: *pectoralii, dințații* și *intercostalii.* Diafragmul separă cavitatea toracică de cea abdominală.

c) Mușchii abdomenului sînt lați; ei participă la formarea pereților antero-laterali și posteriori ai abdomenului. Prin contracțiile lor măresc presiunea din interiorul abdomenului, permițînd declanșarea (desfășurarea) unor acte fiziologice ca: expirația, micțiunea, defecația etc. Dintre aceștia fac parte *mușchii drepți abdominali, mușchii oblici externi* și *oblici interni.*



[redacted] DE TOBIAS.

VEDERE FAȚĂ

Fig. 52. Principalele grupe de mușchi scheletici.

ACELAŞI LUCRU.
DAR ALT PUNCT DE VEDERE

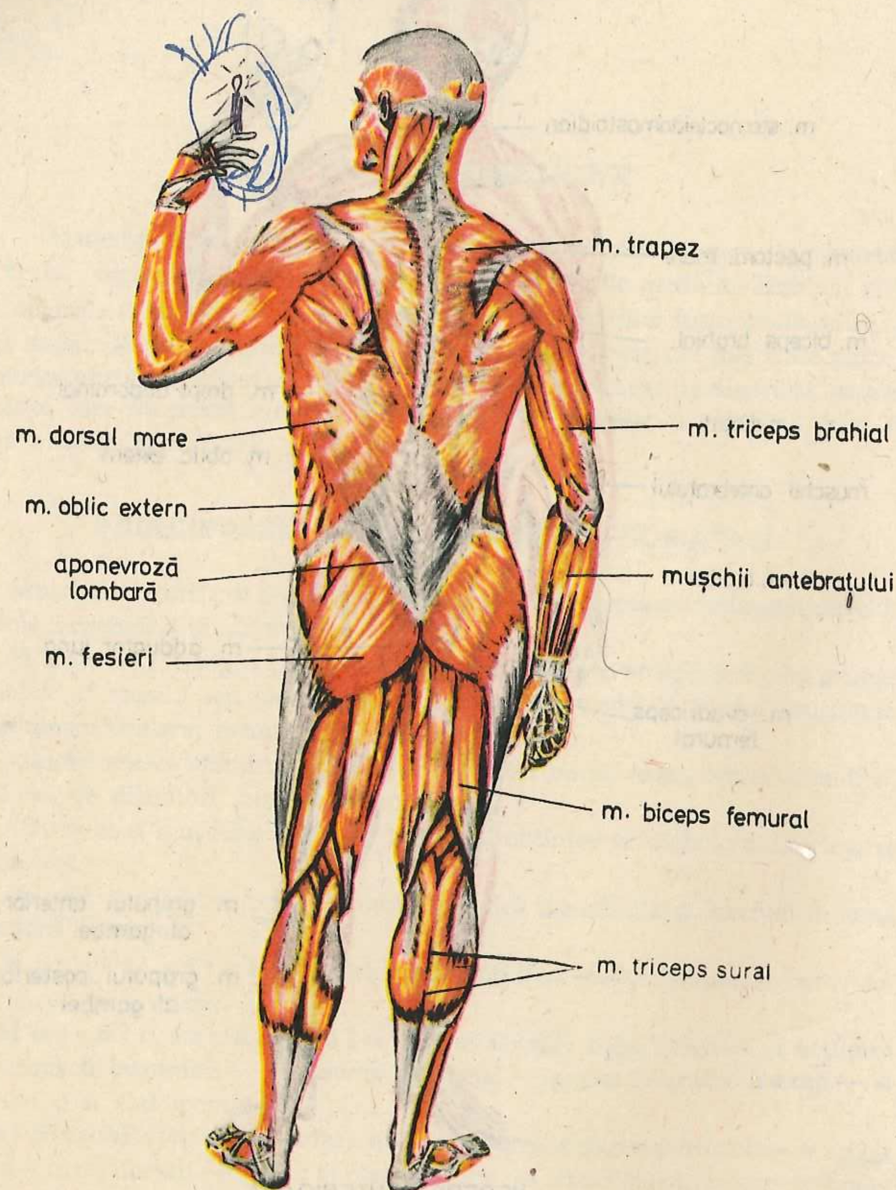


Fig. 52. Principalele grupe de muşchi scheletici.

Muşchii membrelor superioare. Din punct de vedere topografic şi funcţional se împart în două grupe mari: muşchii care leagă membrul superior de trunchi şi muşchii proprii ai membrului superior. După aşezarea lor topografică ultimii se împart în: muşchii umărului (deltoidul), muşchii braţului (muşchiul *biceps brahial* şi *tricepsul brahial)*, muşchii antebraţului (flexori şi extensori ai degetelor, pronatori şi supinatori) şi muşchii mîinii.

Muşchii membrelor inferioare. În jurul articulaţiei coxo-femurale se găsesc *muşchii fesieri.* Coapsa posedă pe faţa anterioară, superficial, *muşchiul croitor* şi *cvadricepsul femural*, iar, în profunzime, *muşchii adductori.* Pe faţa posterioară a coapsei se află *bicepsul femural. Muşchii gambei:* unii sînt extensori ai degetelor şi pronatori ai piciorului (ridică marginea externă şi o coboară pe cea internă), iar alţii sînt extensori ai piciorului, flexori ai degetelor şi supinatori ai piciorului (ridică marginea internă a piciorului şi o coboară pe cea externă). *Planta,* faţa prin care piciorul se sprijină pe sol, prezintă muşchii flexori şi extensori ai degetelor.

Exerciţiu

— Efectuaţi, în clasă, diferite mişcări ale capului, toracelui şi membrelor şi stabiliţi rolul muşchilor.

MUSCULATURA STRIATĂ

Musculatura striată este controlată prin sistemul motor piramidal şi prin sistemul motor extrapiramidal. Muşchii somatici realizează mersul, poziţia ortostatică, scrisul şi vorbitul, masticaţia, mimica feţei etc. Prin toate aceste activităţi contribuie la integrarea organismului în mediul fizico-biologic şi social.

Muşchii striaţi reprezintă aproximativ 40% din greutatea corpului, cei mai bine reprezentaţi fiind muşchii scheletici care, prin inserţiile lor osoase, realizează deplasarea sau imobilizarea unor segmente sau a întregului organism.

— Observînd, după înlăturarea tegumentului, musculatura unei broaşte sau a unui mamifer mic, constataţi că muşchiul striat este format din fibre musculare legate în fascicule prin ţesut conjunctiv. Fibrele musculare sînt aşezate paralel între cele două capete ale muşchiului, care formează tendoane sau aponevroze cu care se inseră pe oase. Muşchiul este învelit într-o teacă conjunctivă — *epimisium* —, din care pătrund în profunzime septuri conjunctive ce separă fasciculele musculare — *perimisium* —, iar teci fine de ţesut conjunctiv înconjură fiecare fibră musculară — *endomisium.*

Fiecare fibră musculară striată este o celulă foarte alungită, cu diametrul de 10—100 μ şi lungime variabilă de la 1 mm la 10—12 cm. Fibra musculară are o membrană subţire — *sarcolema* —, puţină citoplasmă — *sarcoplasma,* în care se găsesc numeroşi nuclei aşezaţi periferic, miofibrilele şi alte organite celulare.

— *Miofibrilele* formează elementul contractil al fibrei musculare şi au dispoziţie paralelă cu axul longitudinal al fibrei. Ele sînt constituite dintr-o

succesiune de *discuri* (benzi) *clare* și *discuri* (benzi) *întunecate*. Benzile sînt situate la același nivel pe miofibrilele apropiate, conferind aspectul striat transversal, caracteristic fibrelor musculare scheletice. Fiecare din cele două benzi este subîmpărțită prin *banda H luminoasă*, situată în mijlocul discului întunecat și prin *membrana Z* situată în mijlocul discului clar. Membrana Z traversează sarcoplasma tuturor miofibrilelor și se inseră pe partea internă a sarcolemei fibrei musculare, solidarizînd toate miofibrilele în timpul contracției musculare. Într-o miofibrilă structurile cuprinse între două membrane Z succesive constituie un *sarcomer*, — unitatea morfofuncțională a miofibrilei (fig. 53, A).

La microscopul electronic miofibrilele apar formate din microfilamente contractile, de două tipuri: unele groase, de *miozină*, orientate paralel cu axul miofibrilar, formează discul întunecat, altele subțiri, de *actină*, formează discul clar. Acestea se inseră cu o extremitate pe membrana Z, iar cealaltă extremitate pătrunde între filamentele miozinice pînă în vecinătatea benzii H. Fiecare miofibrilă este alcătuită din aproximativ 1 500 filamente de miozină și de două ori mai multe filamente de actină. Discul întunecat este format din filamente atît de miozină cît și de actină; fiecare filament de miozină este înconjurat de 6 filamente de actină, iar discul clar este constituit numai din filamente de actină (fig. 53, B).

Sarcoplasma, care înconjură miofibrilele, conține numeroase mitocondrii, cele mai multe situate ca o rețea în jurul miofibrilelor. Mitocondriile sînt organitele la nivelul cărora se realizează procesele de oxidoreducere din care rezultă energie ce se acumulează în legăturile ATP-ului. În sarcoplasmă se mai află o rețea de

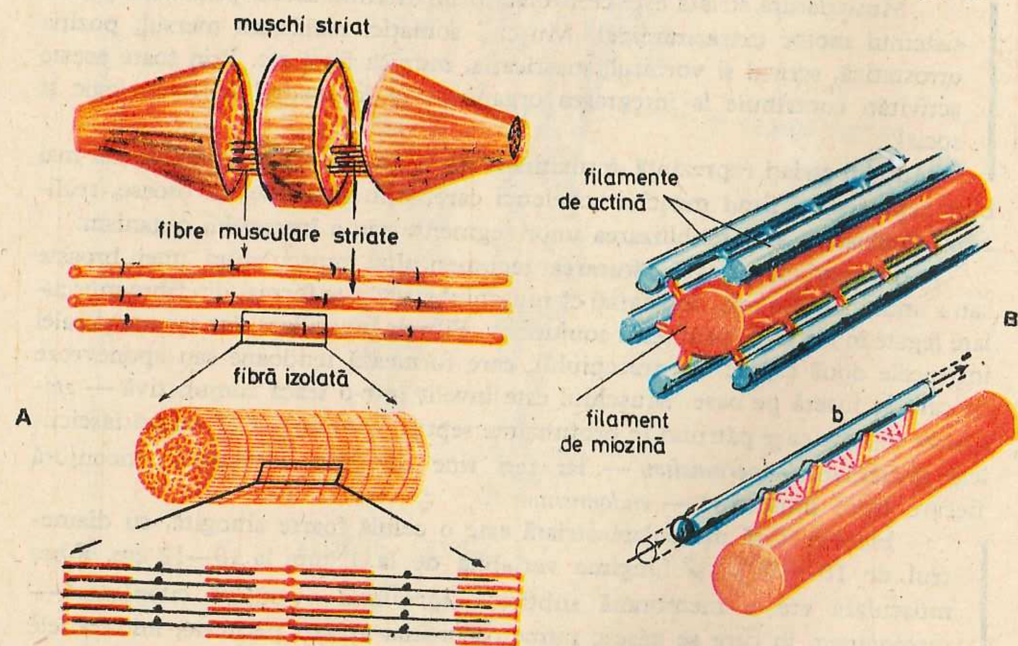


Fig. 53. Structura mușchiului striat — **A**; Reprezentarea schematică a dispoziției filamentelor de actină și miozină în fibra musculară — **B**.

tuburi longitudinale sau transversale care încercuiesc miofibrilele și un reticul endoplasmic bogat. Funcția rețelei de tuburi este de a transmite rapid impulsul de contracție de la membrana celulară tuturor miofibrilelor, iar reticulul endoplasmic eliberează și captează Ca^{2+}, necesar atît pentru contracția cît și pentru relaxarea musculară. În sarcoplasmă se mai găsesc ribozomi liberi, incluziuni de glicogen, grăsimi, mioglobină etc.

Fibra musculară constituie unitatea morfologică a mușchiului striat. Unitatea funcțională a mușchiului este *unitatea motorie*, constituită dintr-un motoneuron, împreună cu fibrele musculare pe care le deservește. Numărul fibrelor musculare ale unei unități motorii variază de la 3—6 în mușchii care realizează mișcări grosiere și pînă la cîteva sute în cei care realizează mișcări fine și precise.

Mușchiul striat are o dublă inervație, senzitivă și motorie.

— *Inervația senzitivă* a mușchiului striat este formată din dendritele neuronilor din ganglionii spinali care conduc centripet impulsuri de la proprioceptorii situați în mușchi sau tendoane (fusurile neuromusculare, organele Golgi, corpusculii Vater-Pacini și terminațiile nervoase libere). Acești receptori sînt stimulați de starea de tensiune a mușchiului, tendoanelor și capsulelor articulare și prin căi aferente specifice, conduc impulsurile la centrii medulari, informînd despre starea funcțională a mușchilor.

— *Inervația motorie* a fibrelor musculare este formată din axoni ai motoneuronilor somatici din coarnele anterioare ale măduvei care, în apropierea fibrei musculare, își pierd teaca de mielină și se ramifică în numeroși butoni terminali. Aceștia, împreună cu porțiunea îngroșată a membranei fibrei musculare, constituie o formațiune complexă numită *placă motorie* sau sinapsă neuromusculară. Placa motorie este constituită dintr-o componentă presinaptică, formată din membrana arborizațiilor terminale ale axonului și o componentă postsinaptică formată din sarcolema fibrei musculare. Între cele două membrane este spațiul sinaptic, de circa 250 Å. Impulsul nervos condus pînă la membrana presinaptică determină deschiderea în cavitatea sinaptică a veziculelor care conțin mediatorul chimic — acetilcolina —, care transmite influxul nervos fibrei musculare.

Compoziția biochimică a mușchiului. Mușchiul conține: apă (75—80%), substanțe anorganice și organice.

Substanțele anorganice ale mușchiului sînt săruri de K^{+}, Ca^{2+}, Na^{+}, Mg^{2+}, Cl^{-} etc., ioni cu roluri importante în contracția musculară.

Substanțele organice ale mușchiului sînt:

— Proteinele, constituenții fundamentali ai fibrei musculare, se află atît în miofibrile cît și în sarcoplasmă. Proteinele miofibrilelor sînt proteinele contractile (actina și miozina), care constituie complexul actomiozinic și proteinele reglatoare ce se află în strînsă legătură cu cele contractile, împiedicînd interacțiunea miozinei cu actina în mușchiul în repaus. Proteinele din sarcoplasmă sînt necontractile și sînt reprezentate de enzime și de mioglobină care conține o grupare *hem*, identică cu cea a hemoglobinei și constituie un rezervor muscular de O_2.

— Glicogenul și glucoza sînt substanțe energogenetice principale ale mușchiului.

— ATP, „acumulatorul energetic" al fibrei musculare împreună cu creatina, prezentă în special sub formă de fosfocreatină, eliberează energia necesară contracției, iar fosfatidele intră în constituția membranelor celulare și mitocondriale.

Proprietățile fiziologice fundamentale ale mușchiului. Mușchii au, ca și sistemul nervos, anumite proprietăți ca, excitabilitatea, precum și proprietăți specifice, cum sînt contractilitatea și elasticitatea.

— Contractilitatea este proprietatea specifică mușchiului, manifestîndu-se ca o reacție față de excitanți.

— Realizînd un preparat neuromuscular și excitînd nervul, veți observa că:

— mușchiul răspunde prin contracții la diferiți stimuli (mecanici, electrici, termici sau chimici), care depășesc o anumită intensitate denumită *prag;*

— stimulii a căror intensitate este egală cu valoarea prag produc o contracție musculară maximală;

— stimulii sub valoarea prag, *stimuli subliminari,* nu declanșează contracții.

Stimulul natural care provoacă contracțiile musculaturii striate este impulsul nervos. Acesta, ajuns la nivelul terminațiilor presinaptice ale axonului descarcă în spațiul sinaptic cuante de acetilcolină. Acest mediator chimic provoacă o depolarizare locală a membranei, ca urmare a creșterii influxului de Na^+ și, cînd depolarizarea atinge un anumit nivel, se declanșează un potențial de acțiune, care se propagă în toate direcțiile, de-a lungul membranelor fibrelor musculare, cu o viteză de 30 ms, producînd contracția.

Propagarea potențialului de acțiune de la nivelul membranei fibrei musculare la miofibrile, elementul contractil, se face prin membranele sistemului tubular. Potențialul de acțiune ajunge la nivelul reticulului endoplasmic și determină eliberarea de Ca^{2+}, care difuzează spre miofibrile declanșînd contracția. Eliberarea intracelulară a Ca^{2+} reprezintă momentul fundamental al cuplării excitației cu contracția, deci, a fenomenelor electrice cu cele mecanice. Ionii de calciu determină legarea miozinei de actină. Se constituie *actomiozina* care, avînd activitate ATP-azică, hidrolizează ATP (acidul adenozintrifosforic) în ADP (acid adenozindifosforic) și o moleculă de PO_4H_3, eliberînd concomitent și o mare cantitate de energie care declanșează contracția.

Prin studii microscopice s-a precizat că scurtarea fibrelor musculare striate este consecința diminuării grosimii discului clar, în timp ce discul întunecat nu își modifică dimensiunile. Substratul acestei modificări este alunecarea filamentelor de actină, printre cele de miozină, demonstrată prin apropierea membranelor Z în timpul contracției și a îndepărtării lor în relaxare.

Reticulul endoplasmic începe rapid să reacumuleze Ca^{2+}. Ca urmare a scăderii concentrației Ca^{2+} din jurul miofibrilelor, se desface legătura dintre actină și miozină și mușchiul se relaxează. Reintroducerea activă a Ca^{2+} în reticulul endoplasmic se face cu energie eliberată prin altă hidroliză a ATP-ului.

Deci, ATP este necesar atît pentru contracție cît și pentru relaxarea musculară; de aceea, pe măsură ce este hidrolizat, trebuie să se refacă. Resinteza ATP în contracțiile rapide și de scurtă durată se face prin desfacerea creatinfosfatului (CF), celălalt compus fosfat macroergic muscular, a cărui hidroliză eliberează creatină, energie și o moleculă de PO_4H_3. Rezervele de CF se refac prin stimularea proceselor oxidative de degradare a glicogenului, glucozei, acizilor grași, care eliberează energia necesară. Catabolizarea anaerobă a glucidelor furnizează rapid o cantitate minimă de energie și asigură contracția în eforturi intense, de scurtă durată, în lipsa O_2. Eforturile puternice și îndelungate cer o cantitate mare de energie care se realizează prin reacțiile oxidative ale ciclului Krebs.

Aceste procese necesită un aport crescut de O_2; de aceea capilarele sangvine ale mușchiului în activitate se dilată, se deschid multe capilare nefuncționale în repaus și crește fluxul sangvin.

Cînd efortul este mult prea puternic, aportul de O_2 nu satisface nevoile energetice. Resinteza ATP se face pe seama CF, iar acesta se resintetizează prin energia eliberată de consumul anaerob al glucozei pînă la acid lactic.

O parte a acidului lactic rămîne în celula musculară și inhibă enzimele, tulburînd contracția mușchiului. Cea mai mare parte trece în sînge și este dusă la ficat unde va servi la sinteza de glucoză. După ce efortul s-a terminat, mușchiul în repaus consumă mult O_2 pentru a metaboliza excesul de acid lactic și a reface rezervele de ATP și CF. Cantitatea de O_2 consumată în plus depinde de plusul energetic care a depășit capacitatea de sinteză aerobă a rezervelor energetice din timpul contracției. Mușchiul plătește „datoria de O_2" prin consum de O_2 mărit.

Manifestările mecanice ale contracției musculare. Cele mai evidente manifestări mecanice sînt mișcările. Mușchiul este un organ capabil de a transforma energia chimică potențială a unor constituenți biochimici celulari în energie mecanică actuală.

Contracțiile musculare sînt de două tipuri:

— *contracții izotonice,* în care mușchiul se scurtează sub o tensiune pasivă constantă. Aceste contracții, caracteristice majorității mușchilor membrelor, realizează un lucru mecanic și produc diferitele forme de mișcare;

— *contracții izometrice,* în care mușchiul nu își modifică dimensiunile ci doar starea de tensiune. Contracțiile izometrice nu se exteriorizează prin lucru mecanic, întreaga cantitate de energie consumată fiind transformată în căldură. Asemenea tip de contracții sînt caracteristice musculaturii posturale etc.

Contracțiile izometrice și izotonice se asociază și se succed în timpul contracției musculare fiziologice. Astfel, în cazul ridicării unui obiect se succedă următoarele faze de contracție a musculaturii brațului: o fază izometrică, de punere în

tensiune a mușchiului fără modificări ale lungimii sale, o fază izotonică, în care mușchiul se scurtează și greutatea este ridicată și o fază de scurtare sub tensiune pasivă variabilă.

Studiile experimentale efectuate pe preparatul neuromuscular, constituit din mușchiul gastrocnemian și nervul sciatic de broască, au permis precizarea efectelor musculare prin stimularea electrică a nervului care se pot înscrie grafic cu ajutorul *miografului*, realizînd o *miogramă* (fig. 54). Astfel, aplicarea unui stimul electric unic, direct pe mușchi sau indirect pe nervul motor, produce o *contracție musculară simplă* numită *secusă*. Contracția musculară, precedată de o perioadă de latență de la depolarizarea membranei, începe înainte de dispariția fenomenelor electrice și se transmite ca o undă cu viteză de 3—5 ms, cuprinzînd întreg mușchiul. Faza de contracție a secusei are durată variabilă, la mușchii care realizează mișcări fine și rapide aproximativ 7,5 ms, iar la mușchii ce produc mișcări puternice și susținute, pînă la 100 ms. Faza de relaxare a secusei este în general mai lungă decît cea de contracție (fig. 55). Secusele musculare se produc extrem de rar în organism, doar clipitul și contracțiile musculare din timpul frisonului sînt consecința unei succesiuni de secuse.

Contracția musculară normală este rezultatul unor impulsuri rapide, repetate, succesive, de durată, realizînd o *contracție tetanică*. În cazul aplicării unor stimuli cu frecvență mai redusă, apar relaxări incomplete între stimuli și graficul contracțiilor (miograma) înscrie un platou dințat — *tetanos incomplet*. Cînd frecvența stimulilor este mare, nu mai există relaxări între stimuli și miograma înscrie un platou — *tetanos complet* — (v. fig. 55). Frecvența stimulilor care produce sumația contracțiilor depinde de durata secusei mușchiului respectiv. *Tetanosul* este tipul de contracție musculo-voluntară în organism, deoarece este cel mai eficient, în timpul unui tetanos complet tensiunea dezvoltată de mușchi fiind de 4—5 ori mai mare față de cea obținută prin secuse.

— Elasticitatea este proprietatea mușchiului de a se întinde și comprima sub acțiunea unei forțe externe și de a reveni la starea inițială, după ce forța a încetat.

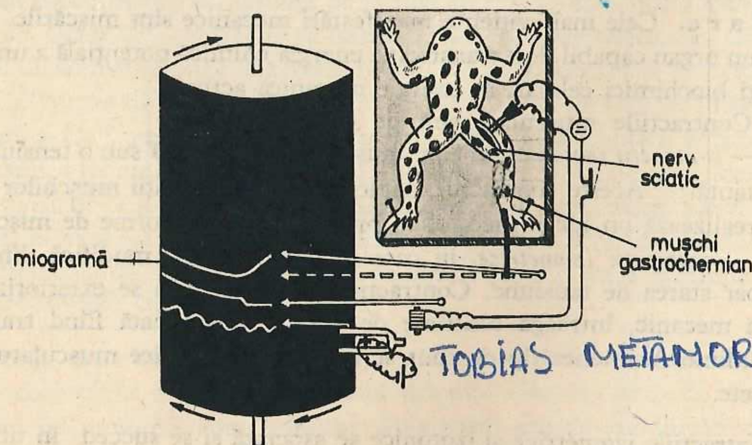


Fig. 54. Miograf.

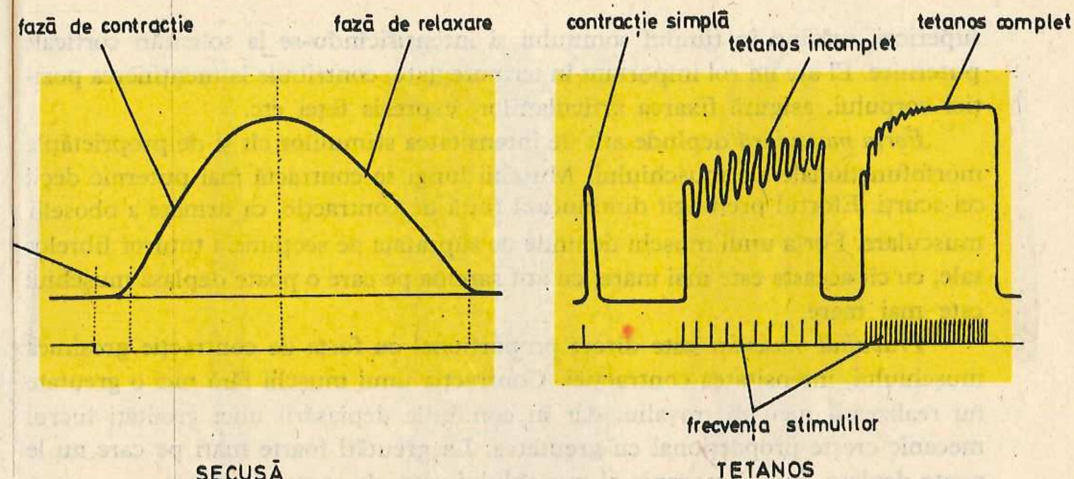


Fig. 55. Tipuri de contracții musculare.

Manifestările termice ale contracției musculare constau în eliberarea unei mari cantități de căldură, musculatura fiind principalul producător de căldură al organismului. Termodinamic energia furnizată unui mușchi este egală cu cea consumată și, deoarece eficiența mecanică a mușchilor (lucrul mecanic efectuat, energia cheltuită) este de aproximativ 50%, rezultă că mușchiul produce mari cantități de căldură.

În condiții de inactivitate, căldura produsă — *căldura de repaus* — reprezintă manifestarea externă a proceselor metabolismului energetic bazal. În timpul efortului muscular se produce o cantitate suplimentară de căldură. Refacerea potențialului energetic al fibrei musculare după contracție produce, de asemenea, timp de aproximativ 30 minute, o cantitate de căldură superioară celei de repaus și aproximativ egală cu căldura inițială — *căldura de refacere*.

Termogeneza musculară este principalul mecanism mobilizat în condițiile acomodării organismului la variațiile termice ale mediului înconjurător. Într-un mediu rece, termogeneza crește prin contracția izometrică a musculaturii striate, situație în care întreaga cantitate de energie consumată este eliberată sub formă de căldură. Dacă astfel nu se poate menține temperatura corpului, apar frisoanele, caracterizate prin contracții repetate ale musculaturii striate, care produc o cantitate și mai mare de căldură.

Tonusul muscular este starea permanentă de tensiune ușoară a oricărui mușchi în repaus. Dovadă este retracția capetelor după secționarea transversală a mușchiului. Tonusul muscular este rezultatul unor impulsuri nervoase succesive, care stimulează alternativ fibrele musculare. Aceste impulsuri provin de la nivelul motoneuronilor somatici medulari, fiind determinate de aferențe provenite de la fusurile neuromusculare ale mușchiului și, de aceea, secțiunea atît a rădăcinilor motorii cît și a celor senzitive ale unui mușchi determină atonie. Tonusul muscular este influențat și de starea centrilor nervoși

superiori, scăzînd în timpul somnului și intensificîndu-se la solicitări corticale puternice. El are un rol important în termoreglare, contribuie la menținerea poziției corpului, asigură fixarea articulațiilor, expresia feței etc.

Forța musculară depinde atît de intensitatea stimulilor cît și de proprietățile morfofuncționale ale mușchiului. Mușchii lungi se contractă mai puternic decît cei scurți. Efortul prelungit diminuează forța de contracție, ca urmare a oboselii musculare. Forța unui mușchi depinde de suprafața de secțiune a tuturor fibrelor sale, cu cît aceasta este mai mare, cu atît sarcina pe care o poate deplasa mușchiul este mai mare.

Travaliul muscular este direct proporțional cu forța de contracție, grosimea mușchiului, intensitatea contracției. Contracția unui mușchi fără nici o greutate nu realizează nici un travaliu, dar în condițiile deplasării unei greutăți lucrul mecanic crește proporțional cu greutatea. La greutăți foarte mari pe care nu le poate deplasa, lucrul mecanic al mușchiului este, de asemenea, zero.

Oboseala musculară constă în reducerea temporară a capacității funcționale a mușchiului, consecutiv unei activități prelungite sau excesive, prin acumulare de acid lactic în mușchi, intoxicînd fibrele. Scade cantitatea de ATP, descompunerea sa făcîndu-se într-un ritm care depășește capacitatea mușchiului de a-l resintetiza. Manifestările oboselii musculare sînt: scăderea forței musculare, scăderea excitabilității, alungirea perioadei de relaxare, care în stadii mai avansate poate ajunge la contractură fiziologică prin dispariția relaxării, uneori însoțită de dureri.

Oboseala musculară a constituit o problemă importantă a fiziologiei muncii în trecut, cînd efortul muscular era o forță de producție de importanță fundamentală. Actualmente, mecanizarea și automatizarea principalelor procese de producție înlocuiesc progresiv forța musculară, crescînd efortul intelectual și, ca urmare, oboseala este consecința suprasolicitării nervoase și nu a epuizării musculare. Cunoașterea mecanismelor oboselii este utilă pentru asigurarea unor condiții de muncă în care solicitarea musculară și nervoasă să se facă cît mai rațional pentru creșterea randamentului muncii.

MUSCULATURA NETEDĂ

Musculatura netedă, prezentă în organele viscerale, vasele sangvine și piele, este constituită din fibre musculare fusiforme, cu diametrul de 2—10 μ și lungimea de 100—400 μ. Nucleul celulelor musculare netede este mare, situat central, iar reticulul endoplasmic este slab dezvoltat (fig. 56). Caracteristică pentru fibrele musculare netede este și lipsa striațiilor transversale, deoarece miofibrilele nu sînt organizate în sarcomere. În mușchiul neted miofibrilele sînt constituite din fascicule mici de miofilamente groase (miozină) și subțiri (actină) de formă neregulată, dispuse la întîmplare. Ele alunecă pro-

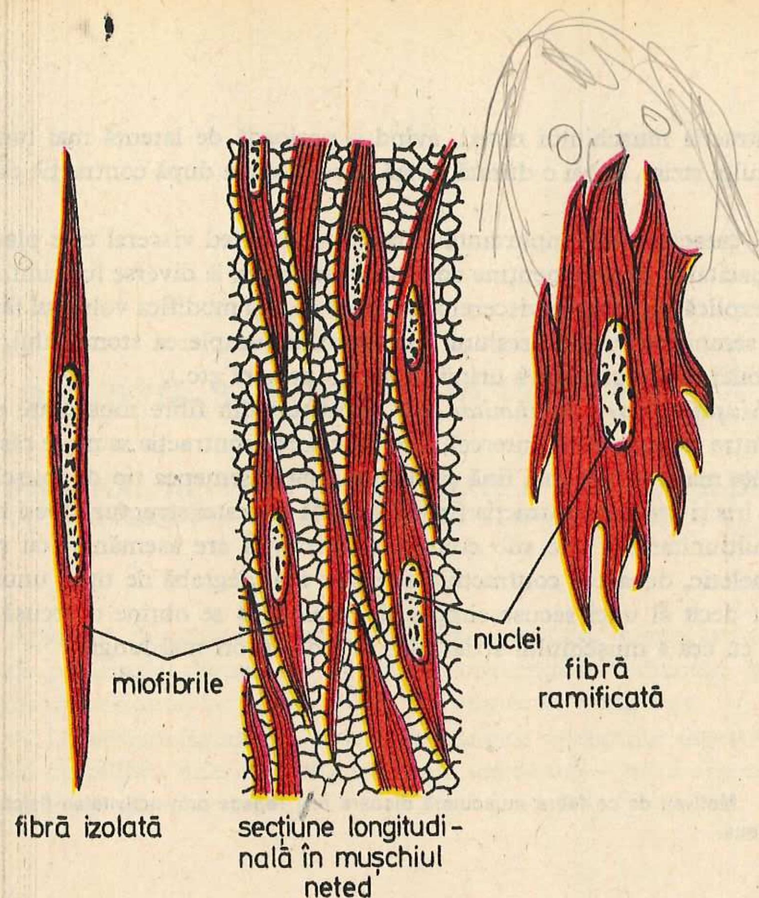


Fig. 56. Țesut muscular neted.

babil, unul pe celălalt în timpul contracției, structură ce apare omogenă (netedă) electronomicroscopic.

Mușchii netezi, pe baza proprietăților morfofuncționale, se împart în: mușchi netezi viscerali și mușchi motori multiunitari.

— *Mușchiul neted visceral* se găsește în pereții viscerelor cavitare (stomac, intestin, vezică, uter, uretere etc.) și funcționează ca un sincițiu (masă citoplasmatică cu mai mulți nuclei, rezultată prin fuziunea mai multor celule între care mai există punți intercelulare).

Acesta are activitate motorie spontană, independentă de inervație. Stimularea nervilor vegetativi exercită influențe importante asupra activității sale. Astfel, obișnuit, nervii simpatici și adrenalina măresc potențialul de membrană, diminuează frecvența potențialelor de acțiune și mușchiul se relaxează, iar nervii parasimpatici și acetilcolina exercită efecte inverse. În organism inervația vegetativă a mușchiului neted visceral nu are funcția de a iniția activitatea musculară, ci doar de a o modifica.

Mușchiul neted visceral este mai puțin excitabil decît cel striat. Potențialele de acțiune ale celor mai mulți mușchi netezi au amplitudinea mică (de ordinul a 60 mV), iar viteza transmiterii impulsului variază de la cîțiva mm la cîțiva cm/s.

Contracţia muşchiului neted, avînd o perioadă de latenţă mai lungă decît a muşchiului striat, are şi o durată lungă, iar relaxarea după contracţie este foarte lentă.

O caracteristică importantă a muşchiului neted visceral este plasticitatea — capacitatea de a-şi menţine constantă tensiunea la diverse lungimi. Plasticitatea explică capacitatea viscerelor cavitare de a-şi modifica volumul fără modificări semnificative ale presiunii intracavitare (umplerea stomacului, acumularea bilei în colecist sau a urinii în vezica urinară etc.).

— *Muşchiul neted multiunitar* este constituit din fibre musculare separate, neunite între ele prin punţi intercelulare şi de aceea contracţia sa nu se răspîndeşte pe distanţe mari, ci este mai fină şi mai limitată. Asemenea tip de muşchi netezi se află în iris şi produc contracţia fină şi gradată a acestei structuri. Deşi muşchiul neted multiunitar nu este sub control voluntar, el are asemănări cu muşchiul striat scheletic, deoarece contracţiile sale sînt mai degrabă de tipul unui tetanos neregulat decît al unei secuse simple şi, chiar dacă se obţine o secusă, aceasta seamănă cu cea a muşchiului striat, dar este de 10 ori mai lungă.

TEMĂ

Motivaţi de ce febra musculară dispare mai repede prin activitatea fizică decît prin repaus.

DIGESTIA ŞI ABSORBŢIA INTESTINALĂ

PARTICULARITĂŢI STRUCTURALE ALE TUBULUI DIGESTIV ŞI ALE GLANDELOR ANEXE

Aparatul digestiv este constituit din totalitatea organelor care au ca funcţii principale digestia şi absorbţia principiilor alimentari şi totodată eliminarea reziduurilor neasimilabile ale alimentelor ingerate.

— Urmărind figura 57, observaţi organele aparatului digestiv formînd un tub de calibru diferit în diferitele sale segmente — *tubul digestiv* (canalul alimentar) şi *glandele anexe*.

A. TUBUL DIGESTIV

Tubul digestiv are o structură unitară, fiind alcătuit pe toată întinderea sa din 4 tunici: mucoasă, submucoasă, musculară şi adventice.

— *Tunica mucoasă* căptuşeşte interiorul tubului digestiv şi este constituită dintr-un epiteliu pavimentos stratificat în segmentele superioare (cavitatea bucală şi esofag), unde alimentele sînt doar transportate şi un epiteliu cilindric unistratificat în restul tubului, unde au loc procese de secreţie şi absorbţie.

— *Tunica submucoasă* este formată dintr-un ţesut conjunctiv lax conţinînd o bogată reţea vasculară şi fibre vegetative (plexul Meissner), iar la nivelul duodenului are şi glande. De la nivelul esofagului şi pînă la anus, între mucoasă şi submucoasă, există şi un strat subţire de ţesut muscular neted a cărui contracţie formează pliuri ale mucoasei.

— *Tunica musculară* asigură dinamica peretelui digestiv; este alcătuită din fibre musculare striate pînă în treimea medie a esofagului şi din fibre musculare netede în restul tubului digestiv, dispuse în două straturi: *intern*, cu dispoziţie circulară, *extern*, cu dispoziţie longitudinală şi discontinuu la nivelul intestinului gros constituind teniile. La anumite niveluri, musculatura circulară se îngroaşă constituind sfincterele (esofagian, cardial, piloric, anal) iar la capătul distal al tubului digestiv există şi un sfincter anal constituit din fibre musculare striate. În grosimea tunicii musculare se află *plexul nervos vegetativ Auerbach*.

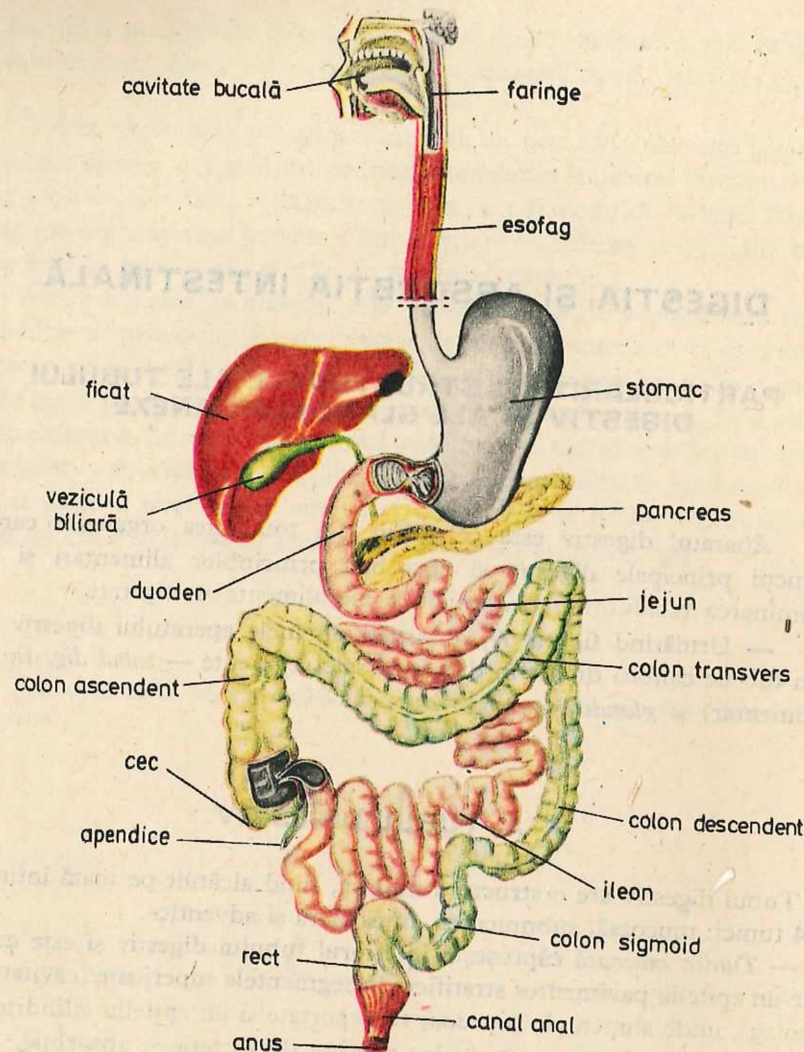


Fig. 57. Aparatul digestiv.

— *Adventicea* (tunica externă) este constituită din țesut conjunctiv lax în jurul faringelui, esofagului și părții inferioare a rectului și dintr-un țesut conjunctiv dens, acoperit de seroasa peritoneală, în celelalte segmente ale tubului digestiv.

— Reveniți și observați în figura 57 segmentele tubului digestiv: cavitatea bucală, faringele, esofagul, stomacul, intestinul subțire și intestinul gros.

Cavitatea bucală este despărțită de fosele nazale prin bolta palatină; comunică anterior cu exteriorul prin orificiul bucal și posterior cu faringele. Arcadele dentare împart cavitatea în două compartimente: vestibulul bucal și cavitatea bucală propriu-zisă. În cavitatea bucală se găsesc organe specializate: limba și dinții.

— *Limba* — organ musculo-fibros, acoperit de mucoasă — îndeplinește roluri importante în procesele de masticație și deglutiție, în vorbire și în perceperea gustului alimentelor și a sensibilității de tact, cald, rece, durere. *Inervația senzitivo-senzorială a limbii* este asigurată de ramuri ale nervilor facial, glosofaringian și vag și respectiv de ramuri din trigemen, iar cea *motorie* de ramuri ale hipoglosului.

— *Dinții* sînt formațiuni osoase dure, implantate în alveolele dentare, adaptate pentru tăierea, zdrobirea și măcinarea alimentelor; de asemenea, au rol în vorbire, în pronunțarea unor consoane.

— Amintiți-vă componentele unui dinte: *coroana, colul* și *rădăcina*. Prezentați formula dentară la dentiția provizorie și la cea definitivă.

Faringele este un conduct musculofibros, situat înaintea coloanei vertebrale cervicale, ce reprezintă o răspîntie a căilor respiratorii și digestive; realizează legătura dintre fosele nazale și laringe, precum și dintre cavitatea bucală și esofag. Musculatura faringelui, constituită din fibre musculare striate cu dispoziție circulară (constrictori) și longitudinală (ridicători), deține un rol important în deglutiție.

Esofagul, un segment tubular lung de 25—30 cm la adult, realizează legătura dintre faringe și stomac.

Stomacul situat în abdomen, în loja gastrică, este segmentul cel mai dilatat al tubului digestiv. Explorat radiologic, așa cum este reprezentat în figura 58 observați că, în poziție verticală stomacul are forma literei J sau în „cîrlig de undiță". cu două fețe (anterioară și posterioară), două margini sau curburi (marea și mica curbură) și două orificii: *cardia*, prin care comunică cu esofagul și *pilorul*, care asigură legătura cu duodenul. Topografic și funcțional se descriu două porțiuni: **1.** *porțiunea verticală*, constituită din *fundul stomacului* (fornix sau camera cu aer), care nu se umple cu alimente, și *corpul stomacului;* **2.** *porțiunea orizontală*, formată din *antrul* și *canalul piloric* se termină la orificiul piloric.

Mucoasa gastrică prezintă numeroase cute care îi măresc suprafața și este formată dintr-un epiteliu cilindric, unistratificat. Examinînd cu lupa un segment din mucoasa gastrică, observați numeroase orificii prin care se deschid glandele gastrice. Glandele cardiale și pilorice secretă mucus, iar cele ale fundului și corpului gastric au în structura lor celule care secretă pepsinogen, celule care secretă HCl și celule accesorii, care secretă mucus.

Inervația stomacului este constituită din fibre parasimpatice provenite din nervii vagi și fibre simpatice din plexul celiac. În peretele gastric există două plexuri vegetative.

Intestinul subțire, segmentul cel mai lung al tubului digestiv (peste 4 m), se întinde de la pilor la valvula ileo-cecală, prin care se deschide în intestinul gros. Intestinul subțire este diferențiat în 3 segmente: duodenul, jejunul și ileonul.

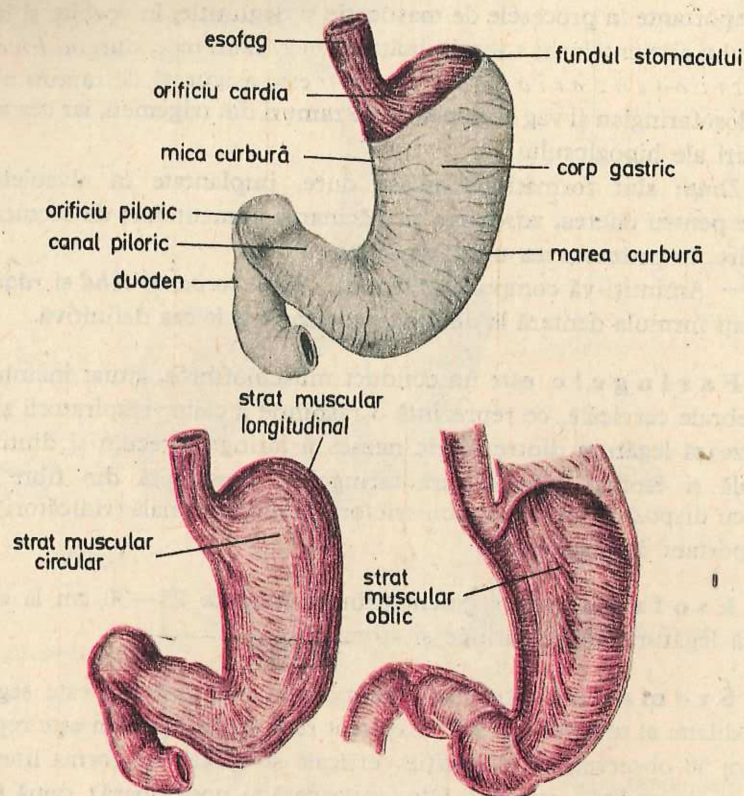


Fig. 58. Morfologia și musculatura gastrică.

— *duodenul,* porțiunea inițială, fixă, a intestinului subțire, are lungimea de 25—30 cm, formă de potcoavă și cuprinde în concavitatea sa capul pancreasului. Mucoasa duodenală conține glande asemănătoare celor pilorice, dar și glande de tip intestinal;

— *jejunul* și *ileonul,* porțiunile mobile ale intestinului subțire, se întind pînă la valvula ileo-cecală, fără a se putea face o delimitare precisă între jejun și ileon. La acest nivel, mucoasa prezintă un număr de vilozități intestinale, care măresc mult suprafața, favorizînd procesul de absorbție.

— Observînd comparativ figura 59 cu diapozitivul și planșa adecvată, veți reține structura unei vilozități intestinale.

La suprafață vilozitatea intestinală are un strat epitelial ale cărui celule prezintă la polul apical o membrană cu microvili, dispozitiv structural care mărește suprafața de resorbție. Sub epiteliu se găsește o bogată rețea capilară sangvină și chiliferul central limfatic. În vilozitate se găsește țesut conjunctiv, precum și fibre musculare netede care, prin contracția lor, împing sîngele și limfa, împreună cu substanțele resorbite din lumenul intestinului.

I n e r v a ț i a   i n t e s t i n u l u i   s u b ț i r e este asigurată prin ramuri simpatice și parasimpatice provenite din plexurile celiac și mezenteric superior și din cele două plexuri intrinseci care asigură un automatism intestinal.

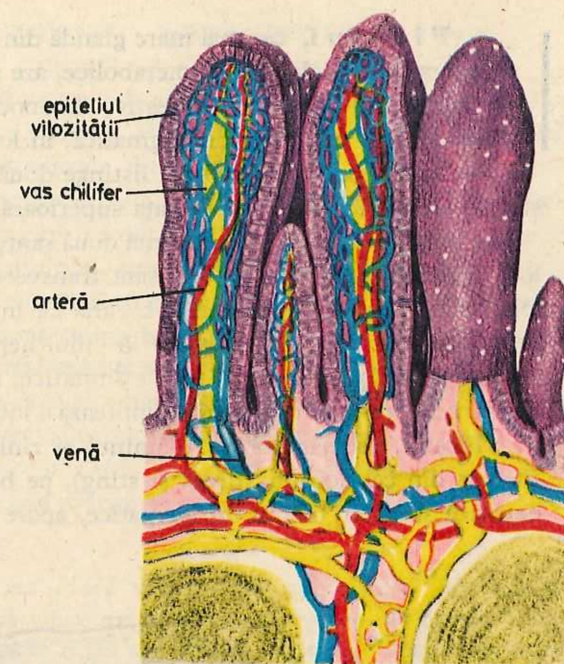


Fig. 59. Structura vilozității intestinale.

I n t e s t i n u l   g r o s este ultimul segment al tubului digestiv.

— Reveniți asupra figurii 57 și rețineți că intestinul gros are o lungime de aproximativ 1,7 m și un calibru superior față de intestinul subțire. Se descriu mai multe porțiuni: *cecul,* segmentul situat sub valvula ileo-cecală și terminat într-un fund de sac, prezentînd apendicele vermiform; *colonul* formează un cadru constituit de segmentele ascendent, transvers, descendent și sigmoid; *rectul,* ultima parte a intestinului gros, se termină cu canalul anal care se deschide prin *anus.* Mucoasa intestinului gros, formînd în interior plici semicirculare, nu mai prezintă vilozități. În segmentele inferioare crește numărul celulelor care secretă mucus.

I n e r v a ț i a   i n t e s t i n u l u i   g r o s provine din plexurile mezenterice (superior și inferior), iar sfincterul anal striat este inervat de ramuri din nervii rușinoși.

B. GLANDELE ANEXE ALE TUBULUI DIGESTIV

G l a n d e l e   s a l i v a r e. Glandele salivare — *parotide, sublinguale* și *submaxilare,* sînt situate în vecinătatea cavității bucale, cu care comunică prin canale excretoare. Sînt glande de tip tubulo-acinos; în parotide predomină celulele seroase, în sublinguale, celulele mucoase, iar în submaxilare se găsesc ambele tipuri de celule; astfel se explică diferențele dintre secreția lor.

I n e r v a ț i a   g l a n d e l o r   s a l i v a r e provine din simpaticul cervical, iar cea parasimpatică din nervii faciali (pentru glandele submaxilare și sublinguale) și glosofaringieni (pentru parotide).

F i c a t u l, cea mai mare glandă din corpul uman (aproximativ 1 500 g), în afara multiplelor roluri metabolice, are și o secreție externă — bila — care se elimină în perioadele digestive în duoden. Ficatul este situat în cavitatea abdominală, sub bolta diafragmatică, în loja hepatică.

— Analizînd figura 60, veți distinge două fețe: una *superioară*, diafragmatică, și alta *inferioară*, viscerală. Pe fața superioară se observă doi lobi: drept și stîng.

Fața inferioară a ficatului prezintă două șanțuri longitudinale împărțite, la rîndul lor, în două jumătăți printr-un șanț transversal. La partea anterioară a șanțului longitudinal drept se află vezica biliară, iar în partea posterioară, vena cavă inferioară. În șanțul transversal se află hilul hepatic, prin care intră și ies din ficat artera hepatică, vena portă, vasele limfatice, nervii și cele două canale hepatice. Șanțurile de pe fața inferioară delimitează 4 lobi: drept, stîng, anterior și posterior.

Ficatul, asemănător cu plămînul și rinichiul, are o structură segmentară. Fiecare din cei doi lobi (drept și stîng), pe baza distribuției venei porte, arterei hepatice și căilor biliare intrahepatice, apare format din cîte două segmente.

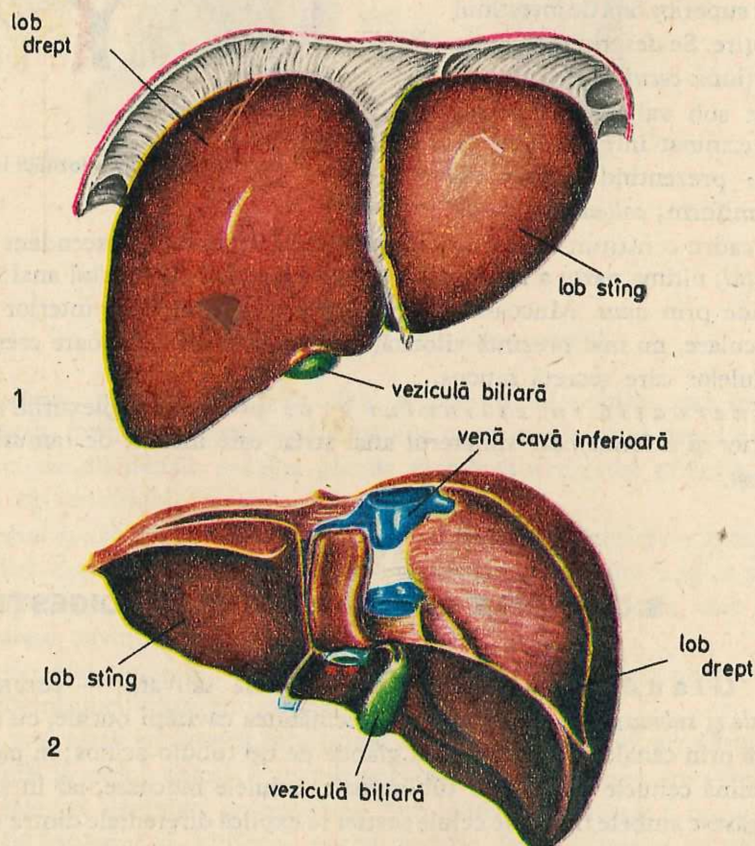


Fig. 60. Fețele ficatului: 1 — superioară; 2 — inferioară.

Unitatea structurală și funcțională a ficatului este *lobulul hepatic*.

— Observați în figura 61 structura lobulului hepatic.

Lobulul hepatic are formă piramidală și este constituit din: *celule hepatice* (hepatocite), *capilare* și *canaliculi biliari*. Hepatocitele sînt dispuse sub formă de plăci sau lame celulare anastomozate, formînd între ele o rețea tridimensională, cu dispoziție radială. Între hepatocite se găsesc canaliculele biliare intralobulare fără pereți proprii, în care se descarcă bila, produsul de secreție al hepatocitelor. Spre periferia lobulului, canaliculii biliari încep să aibă perete propriu și, ieșind din lobul, se continuă cu canale biliare interlobulare. Acestea se colectează, în final, în cele două canale hepatice (drept și stîng), prezente în hilul ficatului. Căile biliare extrahepatice sînt reprezentate de *canalul hepatic comun*, care rezultă prin unirea canalelor hepatice și care se continuă cu *canalul coledoc* ce se deschide în duoden, împreună cu canalul pancreatic principal, orificiul fiind prevăzut cu *sfincterul Oddi*. Din calea biliară principală se desprinde *canalul cistic*, prin care bila ajunge în perioadele interdigestive în vezicula biliară (fig. 62).

V a s c u l a r i z a ț i a f i c a t u l u i este dublă: nutritivă și funcțională. *Vascularizația nutritivă* transportă sînge oxigenat, care provine din artera hepatică, ramură a trunchiului celiac care, după ramificații multiple (lobare, segmentare și interlobulare) se capilarizează, irigînd formațiunile din spațiul interlobular (portal) și formează o rețea în jurul hepatocitelor. În final, aceste capilare se varsă în capilarele sinusoide ale venei porte. *Vascularizația funcțională* este constituită de ramificațiile venei porte, care aduc sînge cu substanțe nutritive, absorbite din

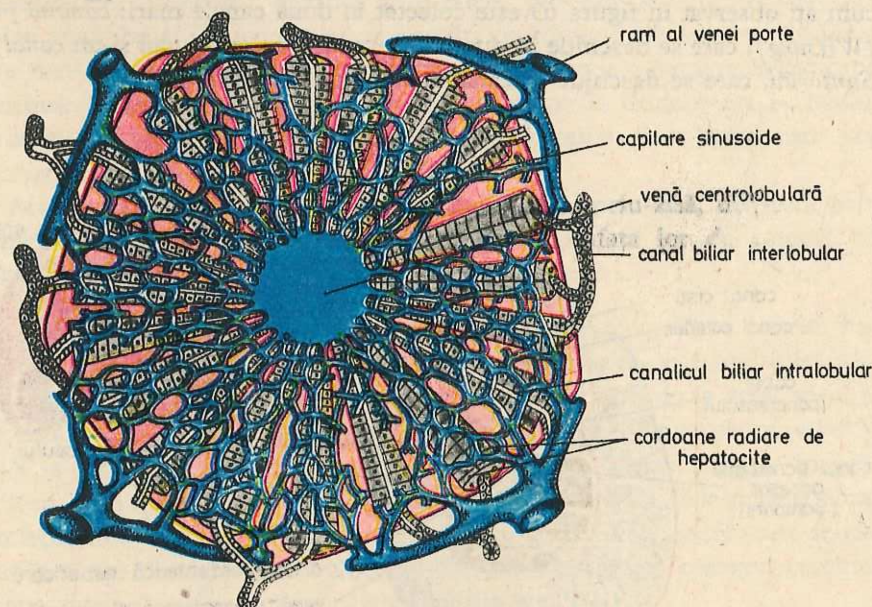


Fig. 61. Lobulul hepatic.

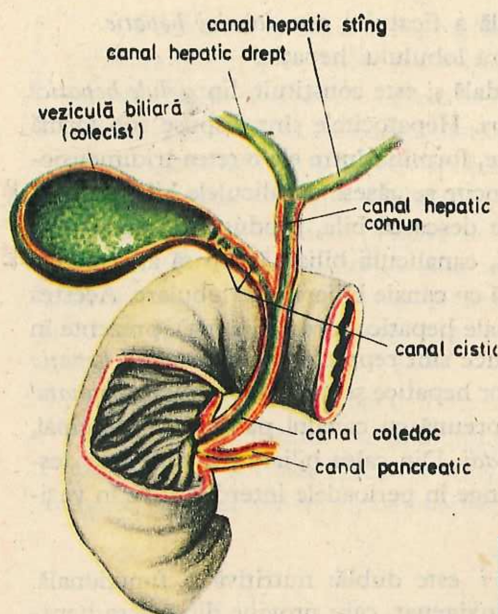


Fig. 62. Căi biliare extrahepatice.

intestin. Porta se ramifică formînd ramuri lobare, segmentare, interlobulare; ultimele ramificații formează capilarele sinusoide. Sistemul port este un sistem vascular, precedat și urmat de același tip de vase (capilare — venă — capilare). Capilarele sinusoide converg spre vena centrolobulară, origine a sistemului venos hepatic, care drenează sîngele prin cele 2–3 vene suprahepatice în vena cavă inferioară.

Inervația vegetativă a **ficatului** provine din plexul celiac (simpatic) și din nervii vagi.

Pancreasul, glandă mixtă, este situat retroperitoneal, înapoia stomacului, avînd o poziție transversală, așa cum observați în figura 63. Pancreasului i se descriu: un *cap*, situat în potcoava duodenală, un *corp* și o *coadă*.

Pancreasul exocrin are structură tubulo-acinoasă ramificată, asemănătoare glandelor salivare. Celulele acinilor pancreatici secretă sucul pancreatic care, așa cum ați observat în figura 63, este colectat în două canale mari: *canalul principal (Wirsung)*, care se deschide în duoden, împreună cu coledocul și un *canal accesor Santorini*, care se deschide în canalul Wirsung sau în duoden.

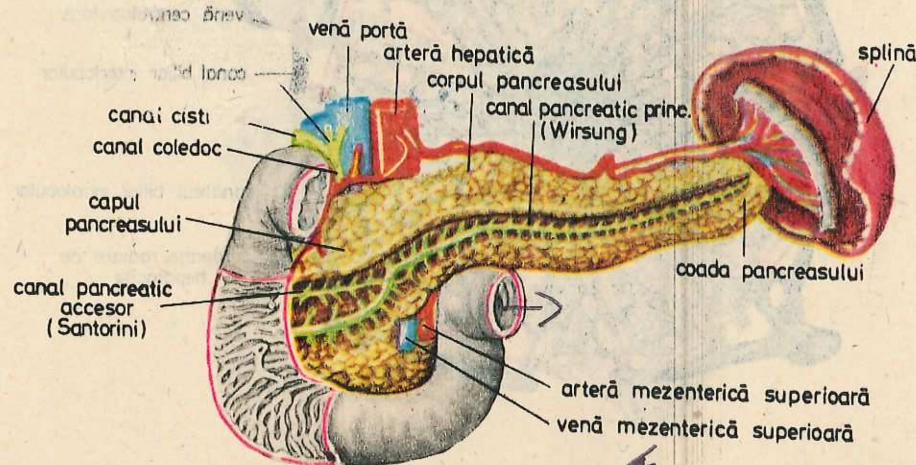


Fig. 63. Pancreas.

Vascularizația pancreasului este asigurată de ramuri din arterele gastroduodenale, mezenterică superioară și splenică, iar sîngele venos este drenat, în final, de vena portă.

Inervația vegetativă provine din plexul celiac.

DIGESTIA BUCALĂ, GASTRICĂ, INTESTINALĂ

Constituenții alimentari nu sînt direct asimilabili din cauza diferenței structurii lor fizico-chimice față de constituenții proprii organismului. De aceea, pentru a putea străbate mucoasa digestivă și a intra în procesele metabolice, alimentele trebuie să fie degradate pînă la compuși simpli, lipsiți de specificitate (aminoacizi, monozaharide și acizi grași). Aceste transformări sînt rezultatul acțiunii succesive a unor multiple sisteme enzimatice prezente în sucurile digestive, în timpul progresiunii lente a conținutului, datorită diferitelor tipuri de mișcări ale tubului digestiv.

DIGESTIA BUCALĂ

Timpul scurt cît stau alimentele în gură permite mai ales prelucrarea lor mecanică prin masticație și impregnarea cu salivă.

— **Masticația** este un proces complex prin care alimentele solide și semisolide sînt prelucrate mecanic prin tăiere, zdrobire și triturare, datorită mișcărilor mandibulei, concomitent cu mișcări coordonate ale buzelor, limbii și obrajilor care împing fragmentele alimentare între arcadele dentare. Masticația contribuie la formarea bolului alimentar, intervine în declanșarea activității glandelor salivare și stimularea receptorilor gustativi și olfactivi care vor declanșa secreția altor glande digestive.

Masticația favorizează procesele de digestie propriu-zisă, deoarece prin fragmentarea particulelor alimentare mărește suprafața lor de contact cu enzimele digestive.

Reglarea masticației se realizează prin mecanisme reflexe necondiționate și condiționate, coordonate de formațiuni nervoase multiple. Alimentele, introduse în cavitatea bucală, stimulează receptorii de la acest nivel și declanșează impulsuri aferente, transmise prin ramuri senzitive ale nervilor V, VII și X, la centrii nervoși bulbo-pontini. Impulsurile eferente ajung la mușchii masticatori prin nervii V — ramura motoare —, prin nervii VII la buze și obraji și la musculatura limbii prin nervii IX și XII. Datorită conexiunii (care se elaborează în timp) dintre centrii bulbo-pontini ai masticației și cortexul cerebral, masticația devine un act reflex parțial condiționat.

— **Secreția salivară** este produsul celor trei perechi de glande salivare mari și al numeroaselor glande diseminate în mucoasa bucală. Saliva,

secretată la om în cantitate de 1—2 1/24 ore, este ușor acidă (pH 6—7) și conține: apă și reziduu uscat, reprezentat prin săruri minerale și substanțe organice (enzime, lizozim etc.).

Saliva intervine în:

1. solubilizarea unor constituenți alimentari, influențînd stimularea gustativă;
2. curățirea și umectarea mucoasei bucale, cu rol în vorbire;
3. protecția antibacteriană, prin lizozim;
4. excreția de — metaboliți (uree, acid uric etc.),
   — virusuri (poliomielită, turbare etc.),
   — substanțe toxice (Hg, Pb etc.);
5. digestie, prin:
   — pregătirea alimentelor pentru masticație (înmuiere);
   — formarea bolului alimentar (lubrefierea cu mucus) și deglutiție;
6. în mică măsură intervine în digestia chimică a unor constituenți.

Saliva conține o singură enzimă, *ptialina* (amilaza salivară) care hidrolizează amidonul preparat pînă la dextrine și maltoză.

—Acțiunea digestivă a enzimei salivare o puteți verifica și demonstra utilizînd soluție de amidon, preparată într-un pahar dintr-o linguriță de amidon pur, peste care turnați apă fierbinte, amestecați încet să nu se facă cocoloașe, lăsați la răcit și decantați timp de 24 ore.

— Într-o eprubetă (E_1), turnați 2 ml soluție de amidon 1% peste care adăugați o picătură de I_2+KI. Se produce o colorație albastră, caracteristică datorită adsorbției iodului pe molecula de amidon. Eprubeta se păstrează ca martor.

— În E_2 puneți 2 ml soluție de amidon+0,5 ml salivă, agitați și adăugați imediat o picătură de I_2+KI. Observați aceeași colorație albastră, ceea ce dovedește că un contact de scurtă durată cu saliva nu modifică structura chimică a amidonului.

— În E_3 — puneți aceleași componente — dar adăugați soluția de I_2+KI mai tîrziu (35 min.). Nu se mai obține colorația albastră ci una violacee, roșcată sau gălbuie, ceea ce dovedește că amidonul a fost hidrolizat prin contactul prelungit cu saliva, trecînd prin stadii de dextrine.

—Faceți contraproba, care constă în inactivarea salivei prin fierbere (în baia de apă) timp de 30 minute sau menținerea la 0°. Saliva se inactivează ireversibil sub acțiunea temperaturii ridicate și reversibil sub acțiunea temperaturii scăzute.

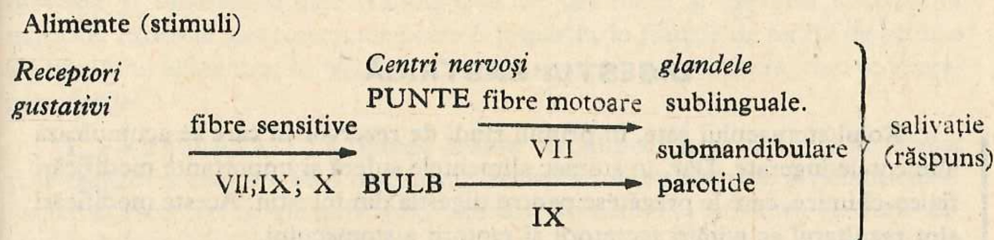
Eprubeta ținută la 0° — readusă la temperatura camerei — după circa o oră, saliva redobîndește capacitatea de a hidroliza amidonul. În eprubeta în care saliva a fost inactivată prin fierbere se constată că amidonul nu este hidrolizat și se colorează în albastru cu I_2+KI, chiar după mai multe ore de contact cu saliva.

—**C o n c l u z i e.** Descompunerea amidonului în zaharuri mai simple începe în gură, datorită amilazei salivare, și pînă ajunge la faza de maltoză — trece prin stadii intermediare — dextrine.

Acțiunea ptialinei, începută în gură, se continuă în stomac pînă ce enzima este inactivată de HCl din sucul gastric.

R e g l a r e a s e c r e ț i e i s a l i v a r e se realizează pe cale exclusiv reflexă și este condiționată, atît cantitativ cît și calitativ, de natura excitantului care o declanșează.

— Analizați schema:



Deduceți că reflexul salivar este declanșat de stimularea receptorilor din mugurii gustativi și a receptorilor de tact, temperatură și durere din cavitatea bucală. Impulsurile de la nivelul receptorilor gustativi din partea anterioară a limbii sînt transmise la nucleul salivar superior din punte, iar cele din partea posterioară a limbii la nucleul salivar inferior din bulb. Stimularea centrilor salivari este urmată de descărcarea unor impulsuri,care ajung pe fibre parasimpatice ale nervului facial (VII) la glandele submaxilare și sublinguale, iar prin ramuri ale nervului IX, la parotide. Inervația simpatică provine din primele două segmente toracice. Stimularea parasimpaticului produce o secreție abundentă (cu conținut enzimatic redus), iar stimularea simpaticului provoacă o secreție redusă (bogată în enzime).

Secreția salivară poate fi ușor condiționată, după cum a demonstrat I.P. Pavlov. La om vederea, mirosul și chiar gîndul la o anumită mîncare pot declanșa secreția de salivă.

—**D e g l u t i ț i a** constă dintr-un lanț de reflexe prin care bolul alimentar, format în cavitatea bucală, străbate faringele și esofagul ajungînd în stomac. Se pot diferenția trei timpi succesivi deglutiției: bucal, faringian și esofagian.

— *Timpul bucal*, parțial voluntar, constă în colectarea conținutului bucal pe fața dorsală a limbii, urmată de împingerea bolului din gură în faringe, prin contracția musculaturii limbii și a planșeului bucal.

— *Timpul faringian*, de asemenea voluntar, asigură împingerea bolului alimentar în esofag, în condițiile închiderii celorlalte căi ce se deschid în faringe.

— *Timpul esofagian*, involuntar, constă în deplasarea bolului alimentar, prin mișcări peristaltice, de-a lungul esofagului pînă la cardia și apoi la stomac.

—*R e g l a r e a d e g l u t i ț i e i* se realizează prin mecanisme nervoase. Căile aferente, reprezentate de nervii IX, V și ramura faringiană a nervului X — ajung la centrii deglutiției din numeroși nuclei bulbopontini care, intrînd succesiv în activitate, coordonează un anumit timp al deglutiției. Acești centri sînt conectați

cu centrii respiratori, ceea ce explică oprirea respirației în timpul deglutiției. Fibrele eferente motorii ajung la musculatura striată și netedă care intervine în deglutiție prin nervii V, IX, X, XII. Alimentele trec în stomac prin orificiul cardia, prevăzut cu sfincterul cardial, slab reprezentat anatomic, este relaxat de parasimpatic și contractat de simpatic. În timpul digestiei gastrice tonusul acestui sfincter crește progresiv, opunîndu-se refluxului gastro-esofagian.

DIGESTIA GASTRICĂ

Rolul stomacului este, în primul rînd, de rezervor în care se acumulează alimentele ingerate. Dar, în stomac alimentele suferă și importante modificări fizico-chimice, care le pregătesc pentru digestia din intestin. Aceste modificări sînt rezultatul activității secretorii și motorii a stomacului.

— *Funcția secretorie* constă în secreția sucului gastric, produs de glandele gastrice. Sucul gastric este un lichid incolor, limpede sau ușor opalescent, în funcție de conținutul său în mucus, și foarte acid (pH cuprins între 1,5 și 2,5).

Sucul gastric este constituit din:

99% — apă,

1%:
- — substanțe organice (enzime, mucus)
- și
- — substanțe anorganice:
  - — HCl
  - — cloruri de Na, K
  - — fosfați de Ca, Mg etc.

HCl exercită numeroase acțiuni, dintre care mai importante sînt: activează enzimele proteolitice din sucul gastric și creează un mediu optim pentru acțiunea acestora; acționează asupra proteinelor alimentare făcîndu-le mai ușor digerabile; stimulează evacuarea gastrică; impiedică dezvoltarea germenilor introduși în stomac odată cu alimentele ingerate (acțiune antiseptică) etc.

Principalele procese chimice gastrice se desfășoară sub acțiunea următoarelor enzime:

1. P e p s i n a, principala enzimă a sucului gastric, este secretată sub formă inactivă (pepsinogen) și este activată în stomac de către HCl. Acționînd optim la un pH foarte acid, pepsina hidrolizează legăturile peptidice din interiorul moleculelor de proteine, rezultînd polipeptide de dimensiuni variate (albumoze și peptone).

2. L a b f e r m e n t u l, secretat mai ales la sugari și probabil absent din sucul gastric al adultului, produce coagularea laptelui prin transformarea caseinogenului solubil în paracazeină care, în prezența Ca^{2+}, se transformă în paracaseinat de calciu.

3. G e l a t i n a z a — lichefiază gelatina.

4. L i p a z a, importantă mai ales la sugari, scindează hidrolitic grăsimile emulsionate (lapte, frișcă, ou).

M u c u s u l g a s t r i c are rolul de a proteja mucoasa gastrică de diverse acțiuni nocive, în special de autodigestie sub acțiunea pepsinei și a HCl.

Rezultatul digestiei gastrice este formarea unui produs semilichid, acid — *chimul gastric.*

R e g l a r e a s e c r e ț i e i g a s t r i c e se realizează prin mecanisme nervoase și umorale și este condiționată de cantitatea și calitatea alimentelor ingerate. Procesul gastrosecretor poate fi împărțit, în funcție de sediul de acțiune al stimulului alimentar, în trei faze: cefalică, gastrică și intestinală, care se suprapun parțial.

1. F a z a c e f a l i c ă începe înainte ca alimentele să fi ajuns în stomac și se realizează exclusiv prin mecanisme nervoase necondiționate și condiționate. Excitarea receptorilor gustativi prin calitățile alimentelor introduse în gură declanșează impulsuri, care ajung la un centru gastrosecretor bulbar, de unde pe cale vagală se descarcă impulsuri spre glandele gastrice. Acest mecanism reflex necondiționat gastrosecretor a fost demonstrat de I.P. Pavlov pe modelul experimental al „prînzului fictiv".

— În figura 64 puteți urmări mecanismul de secreție la un ciine cu dublă fistulă, esofagiană și gastrică.

Introducerea alimentelor în gură declanșează o abundentă secreție de suc gastric, deși alimentele nu ajung în stomac. Centrul gastrosecretor din bulb primește impulsuri și de la centrii nervoși superiori (hipotalamus și cortex). Importanța scoarței cerebrale în controlul secreției gastrice este demonstrată de posibilitatea elaborării unor reflexe condiționate gastrosecretorii la diferiți excitanți care coincid cu alimentația. Aceste mecanisme, care se elaborează în cursul vieții individuale, explică secreția gastrică declanșată de mirosul, vederea sau chiar gîndul la un anumit aliment. Faza cefalică a secreției gastrice are o importanță deosebită, deoarece alimentele ajunse în stomac sînt supuse imediat acțiunii sucului gastric, grăbind astfel generarea de produși, care vor stimula mecanismele fazelor următoare.

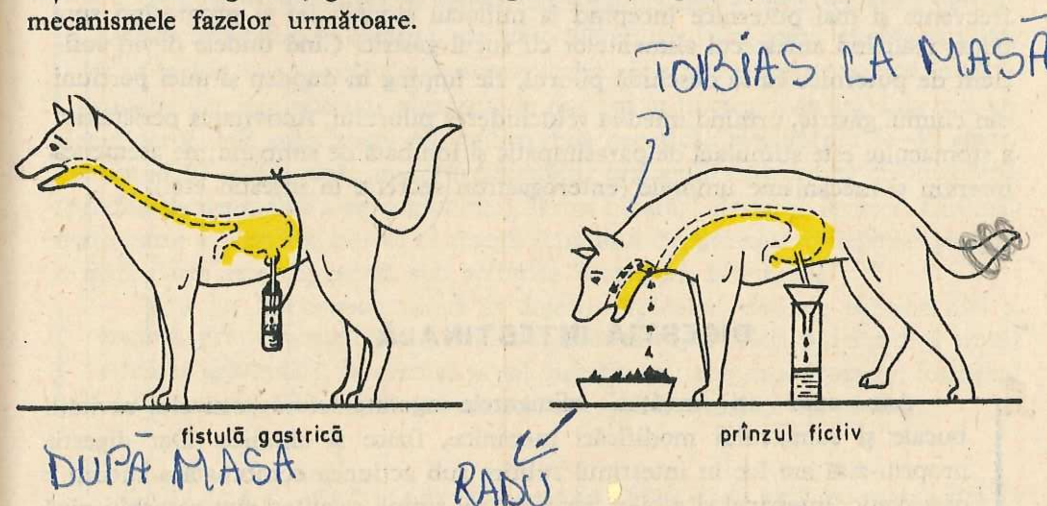


Fig. 64. Prînzul fictiv.

2. F a z a g a s t r i c ă începe odată cu pătrunderea alimentelor în stomac, durează în medie 3—4 ore și se realizează printr-un dublu mecanism: nervos și umoral. Mecanismul nervos (de importanță secundară) este declanșat prin distensia gastrică de către alimente, iar experimental prin distensia stomacului cu un balon de cauciuc. Căile aferente și eferente ale acestui reflex sînt vagale. Mecanismul umoral este declanșat de contactul mucoasei cu produși ai digestiei și de distensia gastrică; el constă în descărcarea în circulația sangvină a unui hormon numit *gastrină*, care stimulează activitatea secretoare.

3. F a z a i n t e s t i n a l ă începe odată cu pătrunderea chimului acid, în duoden și are la bază mecanisme reflexe și umorale. Contactul mucoasei duodenale cu anumiți constituenți (proteici) ai chimului declanșează secreția de gastrină din mucoasa duodenală, stimulînd în continuare secreția gastrică; în aceste condiții intervine și un mecanism reflex, distensia mecanică a duodenului avînd, de asemenea, efect gastrosecretor. Alți constituenți (glucide, lipide) și aciditatea chimului exercită influențe inhibitoare asupra secreției și motricității gastrice, prin eliberarea unor hormoni inhibitori.

— *Funcția motorie* a stomacului este asigurată de musculatura netedă din pereții săi și constă în depozitarea temporară a alimentelor ingerate, amestecul lor cu sucul gastric pînă ce se formează chimul și evacuarea acestuia lent și fracționat în duoden. Aceste activități sînt controlate de mecanisme neuroumorale intrinseci și extrinseci, declanșate și influențate permanent de volumul și compoziția alimentelor ingerate. Stomacul gol este lipsit de contracții. Prelungirea perioadei dintre ingestiile alimentare este urmată de apariția unor cicluri de contracții care coincid cu senzația de foame. Umplerea stomacului cu alimente are consecințe diferite: în partea proximală, ajungerea bolurilor alimentare este urmată de relaxarea adaptativă a musculaturii, iar în partea distală a stomacului începe o intensă activitate peristaltică, undele de contracție din ce în ce mai frecvente și mai puternice începînd la mijlocul stomacului și progresînd spre pilor, realizînd amestecul alimentelor cu sucul gastric. Cînd undele devin suficient de puternice ca să deschidă pilorul, ele împing în duoden și mici porțiuni din chimul gastric, urmînd imediat reînchiderea pilorului. Activitatea peristaltică a stomacului este stimulată de parasimpatic și inhibată de simpatic; de asemenea, intervin și mecanisme umorale (enterogastron secretat în intestin etc.).

DIGESTIA INTESTINALĂ

Așa cum ați învățat, alimentele ingerate suferă la nivelul cavității bucale și stomacului modificări mecanice, fizice și chimice. Dar digestia propriu-zisă are loc în intestinul subțire sub acțiunea combinată a sucurilor pancreatic, intestinal și a bilei, iar produșii simpli rezultați sînt resorbiți pînă la valvula ileo-cecală în proporție de peste 90%.

S u c u l p a n c r e a t i c este un lichid incolor, inodor, alcalin (pH 9—8,3). Conține substanțe anorganice (bicarbonatul care contribuie la neutralizarea chimului gastric), precum și substanțe organice (enzimele).

În funcție de principiile alimentare pe care le degradează, enzimele sînt: *amilolitice* (amilaza), *lipolitice* (lipaza) și *proteolitice* (tripsina, chimotripsina, carboxipeptidazele, elastaza).

— *Amilaza* are acțiune mai puternică decît cea salivară, hidrolizînd amidonul crud și preparat pînă la stadiul de oligozaharide (maltoză etc.).

— *Lipaza* pancreatică hidrolizează grăsimile neutre în glicerol și acizi grași.

— *Tripsina*, secretată ca proenzimă inactivă (tripsinogen), este activată în lumenul intestinal sub acțiunea enterokinazei, o enzimă secretată de mucoasa duodenală. Tripsina activează *chimotripsina*, enzimă care, de asemenea, se secretă sub formă inactivă (chimotripsinogen). Tripsina și chimotripsina acționează asupra proteinelor neatacate de pepsina gastrică și asupra produșilor de scindare ai pepsinei, pe care îi degradează pînă la stadiul de oligopeptide (di-tri-tetrapeptide).

— *Carboxipeptidazele*, activate de tripsină, degradează fragmentele oligopeptidice, în peptide mai mici și aminoacizi liberi.

— *Elastaza*, activată, de asemenea, de către tripsină, hidrolizează proteinele fibroase.

R e g l a r e a s e c r e ț i e i p a n c r e a t i c e se realizează predominant umoral și secundar nervos. Controlul umoral este exercitat de mai mulți hormoni și în special de secretină și pancreozimină, care se descarcă în sînge din mucoasa duodenală, îndată ce începe evacuarea chimului din stomac. Vagul are efect stimulator asupra secreției de suc pancreatic.

B i l a — produsul de secreție al hepatocitelor — este secretată permanent de către ficat în cantitate de 500—700 ml/zi. Între mese, sfincterul Oddi fiind închis, bila se colectează și prin reabsorbția apei se concentrează în vezicula biliară, de unde este eliminată în duoden în timpul digestiei. Bila este un lichid verde (bilă colecistică) sau galben (bilă hepatică), alcalin (pH 7—8), amar, conținînd 97—98% apă, anumiți electroliți, pigmenții biliverdină și bilirubină (produși de degradare a hemoglobinei), săruri biliare, colesterol, lecitină. Cea mai mare parte a sărurilor biliare se resorb (circuitul hepato-entero-hepatic) și doar o mică parte este degradată sub acțiunea bacteriilor intestinale.

Bila are importante roluri în digestia lipidelor, deși nu conține nici o enzimă, prin sărurile biliare, reduce tensiunea superficială și determină emulsionarea grăsimilor, favorizînd astfel digestia lor; activează lipazele; formează cu lipidele micelii care, fiind hidrosolubile, pot fi resorbite din intestin.

R e g l a r e a s e c r e ț i e i ș i e x c r e ț i e i b i l i a r e se efectuează în special de către factori umorali. Secreția biliară, deși continuă, este mai abundentă

după mese. Sistemul nervos vegetativ influențează secreția biliară, parasimpaticul fiind excitosecretor și simpaticul inhibitor. Factorii principali care stimulează secreția biliară sînt sărurile biliare și anumiți constituenți alimentari, în special grăsimile și produșii de degradare a proteinelor.

Evacuarea bilei din vezica biliară în duoden în timpul perioadelor digestive este rezultatul contracției fibrelor netede din pereții vezicii și al relaxării concomitente a sfincterului Oddi, care închide canalele excretoare biliar și pancreatic. Aceste acțiuni se datoresc predominant unor mecanisme umorale, reprezentate de descărcările de colecistokinină care se formează în celulele mucoasei duodenale, la contactul cu chimul acid. Mecanismul nervos, realizat prin reflexe scurte, declanșate de stimuli gastrici sau duodenali și coordonate de plexurile intramurale, este considerat de importanță secundară.

Sucul intestinal. Glandele din mucoasa duodenală secretă un lichid bogat în mucus și bicarbonat, care neutralizează aciditatea chimului gastric, secreția acestor glande fiind stimulată de factori chimici locali (pH-ul chimului), de factori hormonali (secretina, colecistokinina) și de factori nervoși (vagul). În schimb nu s-a dovedit secreția unui suc intestinal care să conțină enzime hidrolitice, acestea fiind prezente la nivelul membranei apicale a enterocitelor („marginea în perie"). La acest nivel se găsesc următoarele enzime:

— *peptidazele* intestinale — acționează asupra bi-tri și oligopeptidelor — rezultate sub acțiunea enzimelor gastrice și pancreatice pe care le hidrolizează pînă la aminoacizi;

— *dizaharidazele* (maltază, zaharază, lactază) acționează asupra dizaharidelor, prezente în conținutul intestinal, pe care le desfac în monozaharide: glucoză, fructoză și galactoză;

— *lipaza intestinală* are acțiune asemănătoare cu cea pancreatică — transformă lipidele în acizi grași și glicerol și parțial în monogliceride.

Reglarea secreției intestinale se face prin mecanisme nervoase și umorale care adaptează cantitatea și calitățile secreției la volumul și compoziția chimului. Controlul nervos se realizează prin reflexe locale, declanșate de stimularea mecanică și chimică a receptorilor intestinali (volumul chimului, anumiți constituenți chimici). Controlul extrinsec se exercită prin impulsuri vagale, în special asupra secreției duodenale; excitarea simpaticului nu influențează secreția intestinală. Controlul umoral, mai puțin cunoscut, se exercită de unii hormoni gastrointestinali.

Funcția motorie a intestinului subțire. Intestinul în repaus prezintă ritmic „undele lente electrice" care se deplasează dinspre duoden, de-a lungul stratului muscular longitudinal, cu o frecvență care scade spre jejun și ileon. Aceste unde creează condiții pentru apariția contracțiilor intestinale localizate, *mișcările de segmentare*, sau propagate, *mișcările peristaltice*.

Mișcările de segmentare constau în contracții inelare, care apar la intervale regulate, de-a lungul intestinului, apoi se relaxează și apar alte contracții circulare în mijlocul segmentelor dintre contracțiile precedente. Aceste mișcări deplasează

alternativ (în „suveică") conținutul intestinal, realizînd un amestec mai bun cu secrețiile digestive și favorizează contactul cu suprafața mucoasei. Mișcările peristaltice sînt unde de contracție circulară care se propagă de-a lungul intestinului spre colon.

Reglarea mișcărilor intestinale se realizează de către plexurile intramurale, asupra cărora acționează influențele extrinseci vegetative și umorale. Sistemul parasimpatic activează motricitatea intestinală, iar simpaticul are efecte inhibitoare. Valvula ileo-cecală, întărită de sfincterul ileocecal, este închisă în condiții obișnuite, împiedicînd refluxul conținutului colic în ileon și se deschide ritmic la cîteva minute după ingestia de alimente.

FIZIOLOGIA INTESTINULUI GROS

Colonul primește, prin valvula ileo-cecală, zilnic aproximativ 1 000 ml chim, constituit din resturi alimentare nedigerabile sau nedigerate și lichide electrolitice ingerate sau secretate de glandele digestive. Prin resorbția apei și a unor electroliți și secreția de mucus se constituie materiile fecale, care se elimină prin actul defecației. Flora abundentă din colon sintetizează anumite vitamine din grupul B și vitamina K.

Funcția de absorbție a colonului este foarte mare, în acest segment recuperîndu-se mari cantități de Na^+ prin mecanisme active și consecutiv absorbindu-se pasiv apa. În colon se mai absoarbe Cl^- și se elimină HCO_3^- și K^+. Structura mucoasei colice nu permite absorbția unor principii alimentari nedigerați și neabsorbiți pînă la acest nivel. De aceea, asemenea substanțe vor fi supuse acțiunii florei bacteriene de fermentație sau de putrefacție. În colonul proximal glucidele nedigerate sînt supuse proceselor de fermentație, sub acțiunea bacteriilor aerobe. La ierbivore polizaharidele (celuloza, lignina etc.) sînt degradate enzimatic, în colon, în monozaharide. La om, polizaharidele vegetale nu pot fi digerate în colon, ci constituie reziduuri importante pentru menținerea unui peristaltism normal, dovadă fiind constipația prezentă la persoanele cărora le lipsesc aceste substanțe din alimentație. În colon, aminoacizii neresorbiți sînt decarboxilați sau dezaminați sub acțiunea florei anaerobe de putrefacție, rezultînd amine (histamină, tiramină), indol, scatol, amoniac etc., care se resorb și ajung la ficat unde sînt detoxificați.

Funcția motorie a colonului este mult mai variată decît cea a intestinului subțire. În colonul proximal contracțiile sînt segmentare, asimetrice, staționare, favorizînd resorbția apei. În colonul distal activitatea motorie este mai intensă, constituită din mișcări de segmentare și din rare unde peristaltice, cu efect propulsiv. Contracțiile „în masă" sînt rare, puternice, prezente pe colonul descendent și sigmoid; ele propulsează o parte importantă a conținutului colic spre rect.

Defecația este un act reflex prin care materiile fecale sînt eliminate din rect la exterior. Acest act este coordonat de centri medulari și controlat cortical.

În condiții obișnuite rectul este gol, iar ajungerea în rect a materiilor fecale prin contracțiile „în masă" determină stimularea mecanoreceptorilor rectali. Impulsurile sînt transmise pe căi vegetative la centrii sacrați ai defecației (S_2—S_4), dar și ascendent spre cortex, declanșînd senzația necesității de defecație.

Dacă condițiile permit, are loc actul defecației care începe prin relaxarea sfincterului anal intern (neted), cu producerea unor puternice contracții colice, modificări coordonate de impulsuri venite prin fibre parasimpatice sacrate, și apoi relaxarea voluntară a sfincterului anal extern (striat), prin impulsuri venite prin nervii rușinoși externi. Pentru a mări și mai mult presiunea în rect se produce contracția diafragmului și a musculaturii abdominale. Dacă condițiile nu permit defecația, se produce o inhibiție a motricității colice și recto-anale, se contractă sfincterul anal striat și conținutul rectal este împins înapoi în colonul sigmoid. Fibrele simpatice provenite din segmentele L_1-L_2 exercită un efect tonic asupra sfincterului intern determinînd contracția.

ABSORBȚIA INTESTINALĂ

Absorbția intestinală este procesul prin care produșii simpli, rezultați din digestie, străbat mucoasele digestive, trecînd în circulație. Absorbția anumitor constituenți se poate realiza la nivelul stomacului (apă, cloruri, alcool, CO_2 etc.), precum și la nivelul colonului (apă și electroliți), dar absorbția principiilor alimentari are loc în special în intestinul subțire; de aceea lichidul care trece prin orificiul ileo-cecal este practic lipsit de substanțe nutritive.

Transportul diferiților constituenți din lumenul intestinal prin celulele epiteliului intestinal în sînge sau limfă se realizează prin 3 mecanisme: **1.** ***transferul pasiv*** **pe bază de mecanisme fizice (gradiente osmotice, de concentrație sau electrice), prin porii membranei celulare; 2. transferul activ, cu consum energetic,** prin combinarea chimică a substanței de absorbit (glucoză, aminoacizi etc.) cu un sistem membranar de transport; **3.** ***transportul prin vezicule de pinocitoză*** la nivelul membranei (proteine), proces de importanță redusă.

— *Absorbția glucidelor* se face prin mecanisme: active — hexoze (glucoză, fructoză, galactoză) sau pasiv, prin difuziune (unele pentoze ca riboza etc.). Absorbția glucozei se face prin cuplarea acesteia cu un transportor comun cu cel care realizează și absorbția Na^+, de care se desface la polul opus. Transportorul își reia activitatea, iar glucoza trece în capilarele sangvine și, pe cale portală, ajunge la ficat. Absorbția glucozei necesită energie — provenită din degradarea moleculelor de ATP, sub acțiunea enzimatică a ATP-azei.

— *Absorbția protidelor* se face sub forma aminoacizilor prin mecanisme active (la polul luminal). Intrînd în celulele mucoasei intestinale, aminoacizii trec apoi din aceste celule în sînge prin difuziune pasivă. Celulele mucoasei animalelor tinere pot absorbi și proteine prin pinocitoză, dar această proprietate dispare la animalul adult. Probabil că și nou-născutul are această capacitate în primele 36 ore după naștere; de asemenea, la sugar unele proteine nedigerate pot fi absorbite din intestin (anticorpii din colostrul matern).

— *Absorbția lipidelor.* Identificați, în figura 65, fazele de absorbție a lipidelor. Constatați că trigliceridele, care reprezintă cea mai mare parte a lipidelor alimentare, se transformă sub acțiunea enzimelor digestive și se absorb sub formă de acizi grași și glicerină (glicerol), fără a necesita consum energetic. Glicerina se absoarbe ușor în sînge și limfă fiind hidrosolubilă.

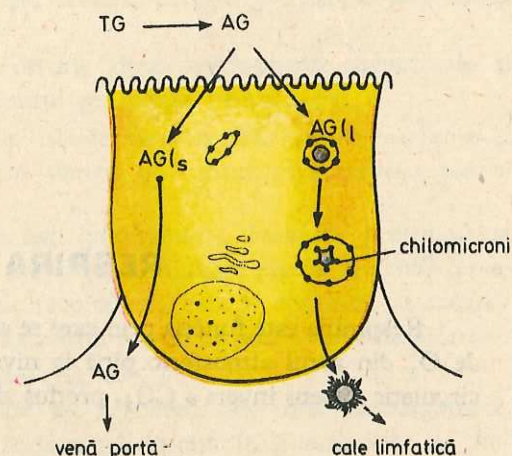


Fig. 65. Absorbția lipidelor.

Absorbția acizilor grași este posibilă numai după ce acești constituenți se combină cu sărurile biliare, formînd micelii hidrosolubile. În contactul cu celulele mucoasei, aceste micelii eliberează sărurile biliare, care trec mai departe în ileon unde vor fi reabsorbite, iar acizii grași sînt transportați în celulele mucoasei intestinale. Din aceste celule, absorbția acizilor grași se face diferit, în funcție de lungimea lanțului de C. Astfel, acizii grași cu mai puțin de 10—12 atomi de C (cu lanț scurt) trec direct în sîngele portal, unde sînt transportați în stare liberă (neesterificați); acizii grași, cu un număr mai mare de C se combină cu glicerolul în celulele mucoasei intestinale, resintetizînd trigliceridele care trec în circulația limfatică, intrînd în constituția chilomicronilor (complexe formate din trigliceride, fosfolipide, colesterol și o parte protidică).

— *Absorbția vitaminelor* se face diferit, în funcție de solubilitatea lor. Vitaminele hidrosolubile se resorb rapid, în timp ce absorbția vitaminelor liposolubile (la fel ca și a lipidelor) este deficitară, dacă lipsesc sărurile biliare sau enzimele pancreatice din intestin. Cele mai multe vitamine se resorb în segmentele superioare ale intestinului subțire.

— *Absorbția ionilor și a apei.* Na^+ se absoarbe activ în intestinul subțire și colon, antrenînd și absorbția pasivă a Cl^-, HCO_3^- și, probabil, și a altor anioni. Ca^{2+} se absoarbe activ, în special în segmentele superioare ale intestinului subțire, absorbția fiind controlată de vitamina D, dar și pasiv în restul intestinului. Fierul se absoarbe activ în cea mai mare parte în duoden, cantitatea resorbită depinzînd de necesitățile organismului. Apa se mișcă pasiv prin mucoasele digestive, în funcție de tonicitatea conținutului intestinului subțire și gros, pînă ce presiunea osmotică din lumen o egalizează pe cea plasmatică.

TEME

— Urmăriți digestia și absorbția glucidelor, lipidelor și protidelor de-a lungul tubului digestiv.
— Stabiliți, prin observațiile făcute la lucrarea practică, condițiile optime de acțiune a enzimelor digestive.

RESPIRAȚIA

Respirația este funcția prin care se asigură continuu și adecvat atît aportul de O_2 din aerul atmosferic pînă la nivelul celulelor care îl utilizează, cît și circulația în sens invers a CO_2, produs al metabolismului celular.

STRUCTURA APARATULUI RESPIRATOR

Totalitatea organelor care contribuie la realizarea schimburilor gazoase, dintre aerul atmosferic și organism, constituie *aparatul respirator.*

— Observați figura 66 în care sînt reprezentate componentele aparatului respirator. Reamintiți-vă rolul componentelor cunoscute din clasele anterioare: cavitate nazală, faringe, laringe, trahee, bronhii principale (căi extrapulmonare).

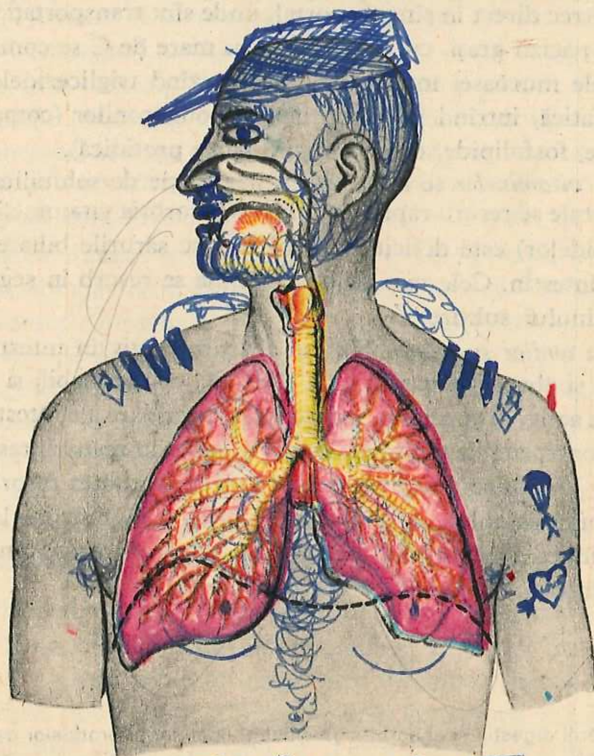


Fig. 66. Aparatul respirator.

În alcătuirea plămînului se disting două componente structurale și funcționale: arborele bronșic și țesutul pulmonar propriu-zis.

1. **A r b o r e l e b r o n ș i c** este format din *căile respiratorii extra-* și *intrapulmonare*, constituite dintr-un sistem de tuburi care servesc pentru tranzitul aerului.

În interiorul țesutului pulmonar (parenchim), *bronhiile principale* se ramifică progresiv în *bronhii lobare* și apoi în continuare pînă la *bronhiile terminale* din care iau naștere bronhiolele respiratorii, care se continuă cu *canalele alveolare* ai căror pereți prezintă dilatații în formă de saci — *saci alveolari* — în care se deschid *alveolele pulmonare* (fig. 67).

Traheea și bronhiile extralobulare au în pereții lor inele cartilaginoase, cu rolul de a menține deschise căile respiratorii în condițiile variațiilor de presiune din inspirație și expirație. Bronhiolele terminale și respiratorii, lipsite de inelul cartilaginos, conțin un strat muscular dezvoltat, reglînd astfel circulația aerului în căile respiratorii intrapulmonare.

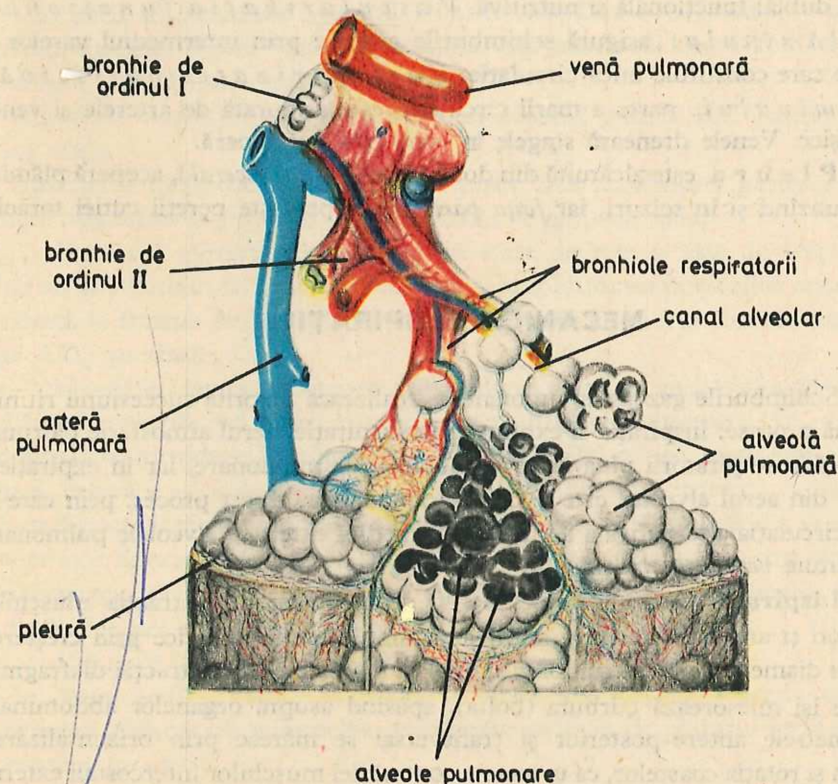


Fig. 67. Structura lobului pulmonar.

2. **P l ă m î n u l,** acoperit de pleure, este constituit din următoarele unități anatomice și funcționale: lobi, segmente, lobuli și acini pulmonari.

Lobii pulmonari sînt unități morfologice mari, delimitate prin *scizuri*. Ei au independență structurală, funcțională și patologică. Lobii sînt organizați în *segmente*, unități morfologice delimitate imperfect de septuri conjunctive. Segmentele sînt alcătuite din *lobuli* (v. fig. 67). Lobulul este o masă piramidală cu baza către suprafața externă a plămînului, constituită din ramificații ale bronhiolelor și vase de sînge, înconjurate de țesut conjunctiv. Lobulul pulmonar este format din *acini pulmonari*, constituiți dintr-o bronhiolă respiratorie, împreună cu canalele alveolare care derivă din ea și cu alveolele pulmonare. Acinul pulmonar constituie unitatea structurală și funcțională a lobulului pulmonar.

Alveolele pulmonare reprezintă suprafața de schimb a plămînului. Peretele alveolelor, adaptat schimburilor gazoase, este format dintr-un *epiteliu alveolar*, unistratificat, așezat pe o *membrană bazală* și țesut conjunctiv bogat în fibre elastice în care se găsește o rețea de capilare provenite din ramurile terminale ale arterei pulmonare. Epiteliul alveolar și membrana bazală a alveolei, împreună cu membrana bazală a capilarului și endoteliul capilar, constituie membrana alveolo-capilară, prin care se face schimbul de gaze.

V a s c u l a r i z a ț i a p l ă m î n u l u i. Plămînul are o vascularizație dublă: funcțională și nutritivă. *V a s c u l a r i z a ț i a f u n c ț i o n a l ă a p l ă m î n u l u i* asigură schimburile gazoase prin intermediul vaselor de sînge care constituie mica circulație. *V a s c u l a r i z a ț i a n u t r i t i v ă a p l ă m î n u l u i,* parte a marii circulații, este asigurată de arterele și venele bronșice. Venele drenează sîngele în vena cavă superioară.

P l e u r a este alcătuită din două foițe — *foița viscerală,* acoperă plămînii pătrunzînd și în scizuri, iar *foița parietală,* căptușește pereții cutiei toracice.

MECANICA RESPIRAȚIEI

Schimburile gazoase pulmonare se realizează datorită succesiunii ritmice a două procese: inspirația și expirația. În inspirație, aerul atmosferic pătrunde prin căile respiratorii pînă la nivelul alveolelor pulmonare, iar în expirație o parte din aerul alveolar este expulzată la exterior. Acest proces, prin care se face circulația alternativă a aerului între mediul extern și alveolele pulmonare, constituie *ventilația pulmonară.*

— **Inspirația** este un proces activ, care constă în contracția mușchilor inspiratori și are drept rezultat mărirea volumului cutiei toracice prin creșterea celor trei diametre. Diametrul longitudinal se mărește prin contracția diafragmului, care își micșorează curbura (bolta), apăsînd asupra organelor abdominale, iar diametrele antero-posterior și transversal se măresc prin orizontalizarea, ridicarea și rotația coastelor, ca urmare a contracției mușchilor intercostali externi. Modificările de volum ale cutiei toracice determină modificări corespunzătoare ale volumului plămînilor, deoarece prin pleura viscerală plămînii sînt solidari cu

cutia toracică. Pelicula de *lichid pleural* dintre cele două foițe pleurale favorizează alunecarea acestora, dar și creșterea coeziunii dintre ele. Astfel, în inspirație plămînii urmează expansiunea toracică și se destind pasiv. Ca urmare, presiunea intrapulmonară scade cu 2—3 mm Hg față de cea atmosferică și de aceea aerul atmosferic pătrunde în plămîni. În inspirația forțată acționează și mușchii inspiratori accesori, contribuind la ridicarea suplimentară a coastelor.

— **Expirația** este un proces pasiv în condiții obișnuite, toracele revenind la dimensiunile sale de repaus, ca urmare a relaxării musculaturii inspiratorii. În consecință, plămînii nu mai sînt ținuți în stare de tensiune și se retractă. Se creează astfel,în interiorul plămînilor,o presiune superioară cu 2—4 mm Hg celei atmosferice, ceea ce face ca o parte din aerul introdus anterior să fie expulzat. Expirația se realizează pe seama elasticității pulmonare, a elasticității cartilajelor costale torsionate și a ligamentelor întinse în timpul inspirației. În timpul efortului și în anumite condiții patologice expirația devine activă, intrînd în acțiune anumite grupe musculare toracice care,prin contracția lor,determină tracțiunea coastelor în jos și mușchii abdominali, a căror contracție coboară rebordul costal și micșorează volumul cutiei toracice amplificînd bolta diafragmatică. Variațiile presiunii în timpul mișcărilor respiratorii se pot evidenția cu ajutorul aparatului Donders.

— Puneți în funcțiune aparatul Donders,după ce l-ați studiat cu atenție. Explicați corelația dintre variațiile presiunii din interiorul aparatului cu acelea din timpul mișcărilor respiratorii.

Mișcările inspiratorie și expiratorie se succedă ritmic, fără pauză, în tot cursul vieții.

Înscrierea mișcărilor respiratorii se poate face cu ajutorul *pneumografului,* graficul mișcărilor respiratorii poartă numele de *pneumogramă.*

Frecvența mișcărilor respiratorii în stare de repaus este de 16/minut la bărbat și 18/minut la femeie. Frecvența și amplitudinea mișcărilor respiratorii variază în funcție de necesitățile organismului în O_2 și mai ales de cantitatea de CO_2 produsă.

Mișcările respiratorii permit pătrunderea și ieșirea succesivă a aerului din plămîni, contribuind astfel la realizarea ventilației pulmonare. În inspirația normală se introduce în plămîni un volum de 500 ml aer, care este eliminat prin expirație — *volum curent* (V.C.). Peste volumul curent, o inspirație forțată poate introduce în plămîni încă aproximativ 1 500 ml de aer — *volumul inspirator de rezervă* (V.I.R.), iar printr-o expirație forțată, care urmează după o expirație obișnuită, se mai pot elimina din plămîni aproximativ 1 000—1 500 ml aer — *volumul expirator de rezervă* (V.E.R.).

V.C. + V.I.R. + V.E.R. = capacitatea vitală (C.V.).

Valoarea C.V. variază în funcție de vîrstă, sex, înălțime și gradul de antrenament. Măsurarea volumelor pulmonare se face cu ajutorul *spirometrului,* existent în școli.

Plămînii nu se golesc complet de aer nici după o expirație forțată, deoarece se găsesc într-o ușoară distensie, volumul pulmonar fiind ceva mai mic decît

cel toracic. Volumul de aproximativ 1 500 ml aer, rămas în alveole, care poate fi expulzat din plămîni doar prin deschiderea toracelui, poartă numele de *volum rezidual* (V.R.).

C.V. + V.R. = *capacitatea pulmonară totală* (C.P.T.)

Cantitatea de aer mobilizată pe minut în repaus este denumită *debit ventilator* și reprezintă produsul dintre volumul curent și frecvența respiratorie (500 ml × 16 respirații/minut). Debitul ventilator crește foarte mult în efortul fizic.

Reglarea mișcărilor respiratorii. Adaptările ventilației pulmonare la necesitățile variabile ale organismului se realizează prin mecanisme extrem de fine, care reglează permanent ventilația prin modificarea frecvenței și amplitudinii respirațiilor. Concomitent cu modificările ventilatorii se produc și adaptări circulatorii, adecvate pentru menținerea schimburilor respiratorii la un nivel corespunzător necesităților tisulare.

Modificările activității ventilatorii sînt rezultatul unor mecanisme nervoase și umorale.

— *Reglarea nervoasă* are, la rîndul ei, două componente: reglarea „automată" și reglarea comportamentală și voluntară.

1. *Reglarea „automată" a ventilației.* În condiții obișnuite de viață reglarea ventilației este realizată de către o serie de structuri nervoase situate în formațiunea reticulată bulbo-pontină, dotate cu capacitatea de a descărca ritmic impulsuri, care ajung pe calea tracturilor bulbo-spinale, la motoneuronii medulari și de aici, prin fibrele motorii, la musculatura inspiratorie, provocînd contracții ritmice ale acesteia.

Respirațiile se opresc dacă se practică o secțiune între bulb și măduvă, deoarece au fost întrerupte căile bulbo-spinale, în schimb, dacă se secționează măduva sub C_5 — respirațiile nu se modifică, pentru că se mențin conexiunile dintre formațiunile nervoase bulbare și segmentele cervicale de origine a nervului frenic care inervează diafragmul. Efectuarea unei secțiuni nervoase între punte și bulb, mai ales dacă sînt secționați și nervii vagi, este urmată de instalarea unor respirații rare și mai puțin ample, din cauza prelungirii inspirației — *respirații apneustice* — datorită separării formațiunilor bulbare de un centru pontin denumit *pneumotaxic.* Fiziologia clasică descrie în bulb un centru inspirator și unul expirator, între care există conexiuni anatomice și funcționale foarte strînse datorită cărora se realizează alternanța dintre inspirație și expirație.

Cercetări recente au precizat că în substanța reticulată a trunchiului cerebral, între bulb și partea superioară a punții, există două populații celulare de unități respiratorii, una *inspiratorie* și cealaltă *expiratorie,* avînd forma a două coloane neîntrerupte, alipite puternic și interconectate prin largi suprafețe de contact. Populația principală a neuronilor inspiratori se află în 1/3 caudală și partea dorsolaterală a regiunii bulbo-pontine, în timp ce populația principală a neuronilor expiratori se află la 1/3 medie într-o poziție ventromedială.

Studii efectuate cu microelectrozi implantați în neuronii inspiratori au arătat că la nivelul lor se produc descărcări ritmice spontane de impulsuri, acești

neuroni fiind dotați cu proprietatea de automatism, ca urmare a unor modificări metabolice ritmice care au loc în interiorul lor.

Neuronii inspiratori bulbari continuă să descarce ritmic impulsuri, chiar dacă sînt secționate toate căile prin care primesc obișnuit diferitele aferențe.

Activitatea centrilor respiratori bulbari este influențată permanent de multiple aferențe, dintre care cele mai importante sînt cele de la centrii pneumotaxici, ca și cele vagale din regiunea toraco-pulmonară (fig. 68). Terminațiile receptoare vagale din pereții alveolari, stimulate de distensia alveolară la sfîrșitul inspirației, transmit impulsuri aferente, care inhibă activitatea neuronilor inspiratori și stimulează activitatea centrilor pneumotaxici, care descarcă impulsuri inhibitoare spre centrii inspiratori bulbari. Ca urmare, neuronii de origine a nervilor frenici și ai celorlalți nervi care deservesc musculatura inspiratorie, nu mai transmit impulsuri și, consecutiv, aceasta se relaxează, producîndu-se expirația.

În timpul expirației, terminațiile receptoare vagale nu mai sînt stimulate și, ca urmare, centrii inspiratori bulbari nu mai sînt supuși influențelor inhibitoare vagale și pneumotaxice. Deci, centrul inspirator bulbar va începe să descarce impulsuri spre motoneuronii medulari și aceștia, la rîndul lor, vor descărca impulsuri către musculatura respiratorie, consecutiv producîndu-se o nouă inspirație. Succesiunea regulată a inspirațiilor și expirațiilor se datorează, deci, atît activității ritmice a neuronilor bulbari cît și impulsurilor vagale și variațiilor activității centrilor pneumotaxici pontini, care inhibă ritmic activitatea neuronilor inspiratori bulbari.

În reglarea nervoasă a respirației la om, un important rol fiziologic dețin impulsurile de la nivelul proprioceptorilor din mușchii intercostali, diafragm, articulațiile sternocostale și costovertebrale, cu efect stimulator asupra respirației, intervenind în timpul efortului muscular pentru adaptarea ventilației la necesitățile crescute ale organismului.

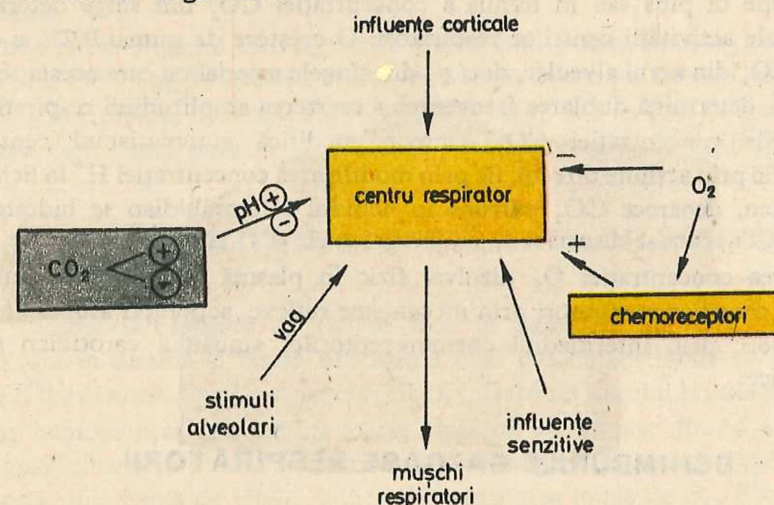


Fig. 68. Factorii care controlează respirația.

Impulsurile aferente provocate de creşterea presiunii arteriale determină inhibarea respiraţiei, iar hipotensiunea exercită efecte inverse; de asemenea, stimulii tegumentari, declanşaţi de pildă de un duş rece, determină oprirea temporară a respiraţiei, iar temperatura crescută a mediului înconjurător, ca şi a mediului intern, intensifică ventilaţia.

2. *Reglarea comportamentală şi voluntară a ventilaţiei.* Centrii bulbo-pontini, deşi dotaţi cu activitate automată, îşi modifică activitatea în funcţie atît de informaţiile primite de la variaţi receptori periferici (extero-proprio- şi interoceptori), cît şi sub influenţa impulsurilor de la nivelul unor formaţiuni nervoase superioare (hipotalamus, sistemul limbic, scoarţa emisferelor cerebrale). Aceste formaţiuni acţionează direct sau prin intermediul centrilor controlului „automat" asupra motoneuronilor medulari care inervează musculatura respiratorie şi integrează funcţia respiratorie în activităţi comportamentale.

Impulsurile provenite de la nivelul emisferelor cerebrale au o importanţă deosebită în reglarea respiraţiei. Respiraţia fiind una din funcţiile cele mai corticalizate, în mod voluntar, ea poate fi oprită pentru un anumit timp *(apnee)*, poate fi amplificată sau superficializată, accelerată *(polipnee)* sau încetinită *(bradipnee)*.

Influenţarea voluntară a ritmului respirator deţine o importanţă fundamentală în realizarea anumitor activităţi specific umane, cum sînt: vorbitul, cîntatul vocal şi cu instrumente muzicale de suflat; în aceste condiţii respiraţia nu mai este controlată de centrii bulbo-pontini, ci de scoarţa cerebrală.

— *Reglarea umorală* (v. fig. 68). Dioxidul de carbon reprezintă unul din factorii cei mai importanţi care reglează activitatea centrilor respiratori. Orice variaţie în plus sau în minus a concentraţiei CO_2 din sînge determină modificări ale activităţii centrilor respiratori. O creştere de numai 0,2% a concentraţiei CO_2 din aerul alveolar, deci şi din sîngele arterial cu care acesta se află în echilibru, determină dublarea frecvenţei şi creşterea amplitudinii respiraţiilor.

Variaţiile concentraţiei CO_2 sangvin modifică automatismul centrilor respiratori, fie prin acţiune directă, fie prin modificarea concentraţiei H^+ în lichidul cefalorahidian, deoarece CO_2 pătruns în lichidul cefalorahidian se hidratează, formind H_2CO_3, care se disociază rapid, generînd H^+ (CO_3H^- + H^+).

Scăderea concentraţiei O_2 dizolvat fizic în plasmă determină stimularea mai slabă a centrilor respiratori prin mecanisme reflexe, acţionînd asupra centrilor respiratori, prin intermediul chemoreceptorilor sinusului carotidian şi ai crosei aortice.

SCHIMBURILE GAZOASE RESPIRATORII

Schimburile principalelor gaze respiratorii (O_2 şi CO_2) la nivel pulmonar şi tisular, se fac pe baza unor legi fizice, a unor mecanisme fiziologice şi a proprietăţilor membranelor alveolo-capilare şi celulare.

ETAPA PULMONARĂ

Schimburile gazoase pulmonare se realizează datorită diferenţei presiunilor parţiale ale O_2 (Po_2) şi ale CO_2 (Pco_2) în cele două medii separate de membrana alveolo-capilară: aerul alveolar şi sîngele din capilarele pulmonare (fig. 69).

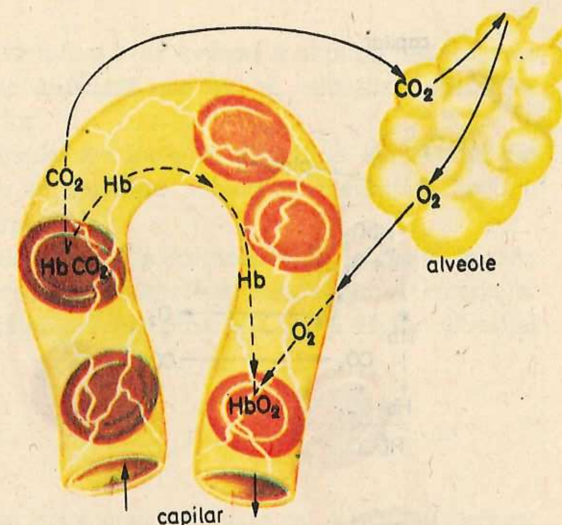


Fig. 69. Schimbul şi transportul gazelor respiratorii la nivel pulmonar.

În aerul alveolar Po_2 este mult mai mare (100 mm Hg) decît în sîngele venos capilar (40 mm Hg), deci O_2 va trece din aerul alveolar în sînge, pînă ce se echilibrează cu Po_2 din aerul alveolar. Sîngele arterial care părăseşte teritoriul pulmonar are o saturaţie în O_2 de numai 97,5% din cauza amestecării cu mici cantităţi de sînge venos din capilarele alveolare. CO_2 va urma un drum invers, trecînd din sîngele venos, unde se găseşte la o presiune de aproximativ 47 mm Hg, în aerul alveolar unde presiunea sa parţială este de 40 mm Hg. Gradientul de presiune destul de redus între cele două medii (7 mm Hg) este suficient, deoarece CO_2 are un coeficient de solubilitate de 20 de ori mai mare comparativ cu cel al O_2 şi o viteză de difuziune de 25 ori superioară acestuia.

Oxigenarea sîngelui din capilarele pulmonare poartă numele de *hematoză pulmonară*. Deşi sîngele străbate foarte repede capilarele pulmonare, schimburile gazoase sînt posibile, deoarece suprafaţa de contact este extrem de mare, stratul de sînge este foarte subţire şi grosimea membranei alveolo-capilare minimă.

ETAPA SANGVINĂ (TRANSPORTUL GAZELOR RESPIRATORII)

Transportul sangvin al O_2 se face în proporţie de 1% sub formă dizolvată în plasmă şi restul sub forma unei combinaţii labile cu hemoglobină (Hb) denumită *oxihemoglobină* (HbO_2). Datorită fierului bivalent pe care îl conţine, hemoglobina se combină foarte rapid cu O_2, fiecare din cei 4 atomi de fier ai grupărilor hem putînd fixa o moleculă de oxigen. În repaus sîngele arterial transportă, sub formă de HbO_2 97,5% din cantitatea totală de O_2. Forma dizolvată, deşi minimă comparativ cu cea combinată cu Hb, din punct de vedere funcţional este cea mai importantă, deoarece se află în schimburi directe cu lichidele interstiţiale şi, prin acestea, cu celulele.

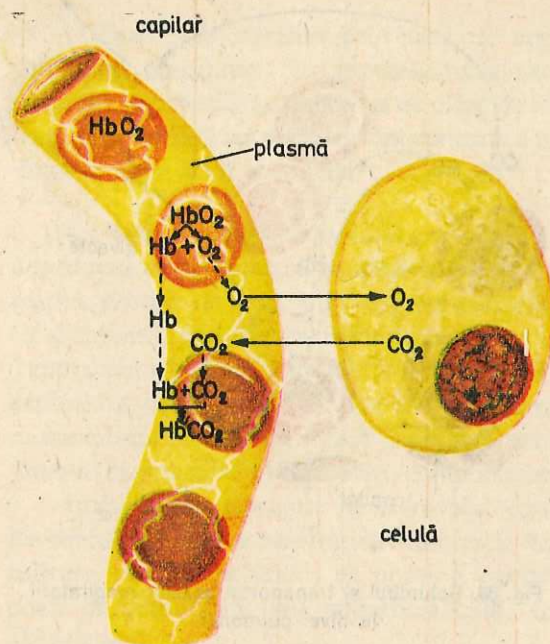


Fig. 70. Schimbul și transportul gazelor respiratorii la nivel tisular.

Transportul sangvin al CO_2 (fig. 70) se face în mică măsură (aproximativ 8%) sub formă dizolvată în plasmă și în cea mai mare parte sub forma unor combinații chimice labile (bicarbonați, carbohemoglobină). CO_2 rezultat din oxidațiile celulare ajunge prin difuziune în lichidul interstițial și în sînge, se dizolvă în lichidele plasmatice și pătrunde cu ușurință în eritrocite, datorită difuzibilității sale ridicate.

Atît în plasmă cît și în eritrocite, sub influența *anhidrazei carbonice*, CO_2 se hidratează rezultînd H_2CO_3 care se disociază rapid, eliberînd HCO_3^- (anionul bicarbonic), care se combină cu K^+ în eritrocite și cu Na^+ în plasmă. Sub formă de bicarbonați se transportă în sînge aproximativ 80% din CO_2, din care 10% în eritrocite și 70% în plasmă.

ETAPA TISULARĂ

La nivelul capilarelor tisulare, sîngele arterial cedează O_2 necesar activităților celulare și se încarcă cu CO_2 rezultat din metabolismul celular.

Disocierea HbO_2 depinde de mai mulți factori, dintre care cei mai importanți sînt: presiunea parțială a O_2 și a CO_2, temperatura și pH. În lichidul interstițial Po_2 este de aproximativ 40 mm Hg, iar în sîngele capilar de 97 mm Hg, acest gradient presional favorizînd disocierea HbO_2.

Capacitatea CO_2 de a intensifica disocierea oxihemoglobinei în țesuturile cu activitate intensă se datorează generării și acumulării locale de acid carbonic, care scade pH-ul tisular, și, consecutiv, afinitatea hemoglobinei pentru O_2.

Creșterea temperaturii scade capacitatea Hb de a fixa O_2, favorizînd deci disocierea HbO_2.

În condiții de activitate tisulară intensă, ca urmare a acțiunii convergente a acestor factori, oxihemoglobina se disociază mai intens, eliberînd țesuturilor cantitățile de O_2 necesar activității lor.

Schimbul de gaze la nivel tisular are loc prin difuziune, ele trecînd din țesuturi în sînge (și invers) prin intermediul lichidului interstițial, de la o presiune mai mare la una mai mică.

Utilizarea O_2 de către celule are loc în mitocondriile acestora, în care se desfășoară procese de oxidoreducere complexe, sub acțiunea enzimelor specifice, substanțele organice fiind oxidate pînă la CO_2 și H_2O, eliberînd energia chimică.

TEME

— Explicați avantajul respirației rare și profunde față de cea rapidă și superficială.
— Motivați corelația dintre structura plămînilor și capacitatea acestora de a se adapta la necesitățile crescute de oxigen ale organismului în timpul unui efort fizic.

SÎNGELE

Sîngele, limfa și lichidele intercelulare formează mediul intern al organismului, caracterizat prin compoziție și proprietăți fizico-chimice relativ constante, ce asigură *homeostazia* necesară activității normale a celulelor. Sîngele realizează, pe de o parte, aportul la nivel celular de substanțe energogenetice și plastice (glucoză, aminoacizi, acizi grași etc.), săruri minerale, apă și O_2 și, pe de altă parte, transportul produșilor catabolismului celular (uree, acid uric, amoniac etc.) și CO_2.

Volumul sangvin total al unui adult normal reprezintă aproximativ 8% din greutatea corporală, ceea ce revine pentru un om de 70 kg la 5,6 l sînge.

— *Componentele principale ale sîngelui* sînt plasma (55—60%) și elementele figurate (40—45%), pe care le puteți observa și studia printr-o probă practică.

Materiale necesare: — sînge (10 ml) — recoltat de o persoană calificată;
— substanță anticoagulantă, soluție de oxalat de sodiu 1% (0,1 ml/1 ml sînge);
— eprubete gradate.

În E_1 se pune numai sînge.

În E_2 — oxalat de sodiu + sînge — se agită, se lasă 10 minute.

— Sesizați că: în E_1 — sîngele coagulează; în E_2 — nu coagulează însă, după un timp, în partea inferioară a eprubetei se depun elementele figurate, iar în partea superioară rămîne un lichid opalescent, care este plasma sangvină ce se prezintă ca un lichid galben-citrin, cu compoziție biochimică relativ constantă și extrem de complexă.

PLASMA SANGVINĂ

Plasma este constituită din apă (90%) și reziduu uscat (10%), din care 9% sînt substanțe organice (proteine, lipide, glucide, diferite combinații complexe ale acestora și produși intermediari și finali de metabolism) și 1% sînt substanțe anorganice (cloruri, fosfați, sulfați, bicarbonați de Na, K, Ca,

Mg, Fe etc.) și cantități minime din anumite substanțe organice de importanță fiziologică deosebită.

Componentele organice plasmatice cele mai importante sînt proteinele simple și complexe (glico- și lipoproteine).

Proteinele plasmatice au numeroase roluri:

— controlul schimburilor hidro-electrolitice dintre plasmă și lichidele interstițiale;

— constituent al sistemelor tampon sangvine, cu rol în menținerea echilibrului acido-bazic;

— transportor al unor variate substanțe plasmatice (hormoni, vitamine, bilirubină, colesterol, cupru, calciu, fier etc.);

— apărarea antiinfecțioasă prin anticorpi specifici;

— rezervă de proteine pentru întregul organism;

— funcții specifice (enzime, factorii coagulării, hormonii proteici, controlul hematopoiezei — formarea elementelor figurate — controlul tensiunii arteriale etc.).

Substanțele minerale se găsesc în plasmă în mare parte sub formă de ioni, importanță majoră avînd în special Na^+. Dintre anioni, importanță fiziologică deosebită au Cl^- și ionul bicarbonic ($^-HCO_3$).

ELEMENTELE FIGURATE ALE SÎNGELUI

În plasmă se găsesc în suspensie elementele figurate: *eritrocite* (hematii), *leucocite* și *trombocite* (plachete sangvine).

— Studiați elementele figurate pe un frotiu pe care îl obțineți în modul următor:

— dezinfectați cu alcool pulpa unui deget;

— cu acul, sterilizat prin flambare, faceți o înțepătură;

— aplicați marginea unei lame de sticlă în așa fel încît picătura de sînge să adere pe marginea ei;

— cu o a doua lamă întindeți sîngele în strat cît mai subțire;

— se usucă frotiul, prin agitare în aer și poate fi privit la microscop.

O fixare foarte bună veți obține aplicînd deasupra peliculei de sînge cîteva picături de alcool și eter, în părți egale.

— Observînd frotiul de sînge la microscop și comparînd cu figura 71 și diapozitivul, rețineți unele caracteristici ale elementelor figurate.

I. **Eritrocitele** sînt celule anucleate avînd, din profil, forma unui disc biconcav, cu diametrul de 7,2—7,5μ, ce asigură cea mai mare suprafață pentru volumul său, favorizînd schimburile gazoase. Numărul eritrocitelor în sîngele circulant al adultului este de aproximativ 5 milioane/mm^3 la bărbat și 4,5 mil/mm^3 la femeie, iar suprafața totală a eritrocitelor circulante este de aproximativ 3 000 m^2, de 1 500 ori mai mare decît întreaga suprafață a corpului.

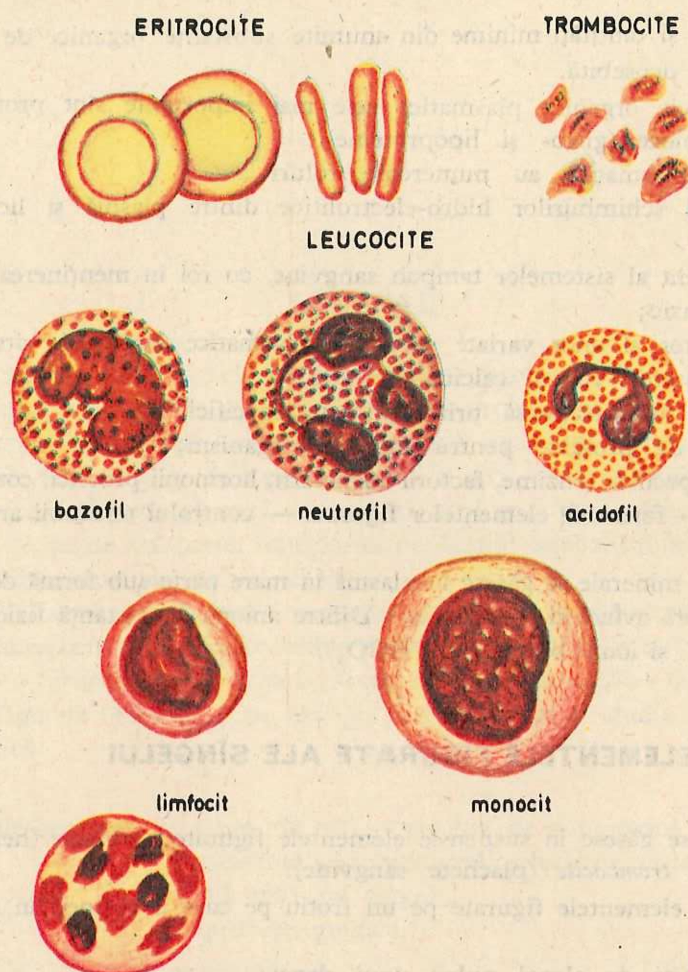


Fig. 71. Elemente figurate ale sîngelui.

Hemoglobina (Hb) din eritrocite are roluri multiple, cel mai important fiind cel de transportor de O_2 și de participant la transportul CO_2. Legarea O_2 se face de către Fe^{2+} moleculei de Hb sub forma unei combinații labile denumită *oxihemoglobină*. De asemenea, Hb transportă CO_2 sub forma compușilor carbaminici constituiți prin combinarea CO_2 cu grupările aminice ale globinei din molecula de Hb. Hb formează cu agenții oxidanți (nitriți, cloruri, sulfamide etc.) sau cu unele droguri, *methemoglobina*, compus stabil în care Fe^{2+} se transformă în Fe^{3+} și nu mai reacționează cu O_2.

Formarea globulelor roșii — eritropoieza — are loc la adult în măduva hematopoietică din oase, în special din oasele late. Reglarea eritropoiezei este controlată de un hormon, *eritropoietina*, secretată mai ales de către rinichi și care stimulează diferențierea celulei primitive medulare.

Durata medie a vieții hematiilor în circulație este de 120 zile, după care hematiile îmbătrînite sînt distruse în splină («cimitirul globulelor roșii»),

ficat, măduva osoasă, ganglioni limfatici, prin hemoliză.

Creșterea temporară a numărului eritrocitelor circulante (efort fizic, postprandial, durere etc.) este rezultatul mobilizării sîngelui mai bogat în hematii din depozite (splină, ficat etc.). Creșterile stabile ale numărului eritrocitelor circulante — *poliglobulii* — sînt prezente la cei care locuiesc la mari altitudini și la cei la care este alterat aportul de O_2 la nivel celular. Scăderea numărului eritrocitelor circulante — *anemie* — este consecința unui dezechilibru dintre eritropoieză și hemoliză, fie prin *diminuarea eritropoiezei* (carență de fier, proteine, vitamine), fie prin *intensificarea hemolizei* (infecții, stări toxice, mecanisme imune etc.).

II. **Leucocitele** (fig. 71) sînt celule nucleate, mobile, cu roluri deosebit de importante în procesele de apărare contra agenților patogeni biologici prin fagocitoză, producere de anticorpi și distrugerea toxinelor de origine microbiană. Numărul leucocitelor din sîngele circulant variază între 4 000 – 8 000/mm³ și reprezintă elementele în tranzit de la organele leucoformatoare la diferite țesuturi.

Pe baza originii, formei, structurii și rolurilor lor fiziologice leucocitele sînt de mai multe tipuri:

polinucleare { neutrofile, acidofile, bazofile

mononucleare { limfocite, monocite

1. *Neutrofilele* (polimorfonucleare neutrofile, PMN), produse în măduva osoasă, avînd formă variabilă deoarece emit permanent pseudopode, prezintă în citoplasmă granulații mici cu afinitate pentru coloranții neutri și cu conținut enzimatic complex. Durata vieții PMN în circulație este de cîteva ore, după care cele mai multe străbat endoteliul capilar prin procesul de diapedeză și ajung în spațiile interstițiale. Neutrofilele au mare sensibilitate față de prezența bacteriilor în organism, pătrunderea și înmulțirea acestora într-un țesut fiind urmată atît de creșterea numărului PMN din sînge cît și de acumularea lor în țesutul infectat, unde sînt atrase de modificările provocate de bacterii și de produșii lor metabolici (toxine).

2. *Acidofilele* (eozinofilele) sînt asemănătoare ca morfologie cu PMN, dar au în citoplasmă granulații mai mari care se colorează intens cu eozina. Aceste granulații conțin un mare număr de enzime. Numărul eozinofilelor din sînge crește în boli parazitare și alergice.

3. *Bazofilele* sînt asemănătoare structural cu PMN, dar au în citoplasmă un număr mic de granulații mari, care se colorează intens cu coloranți bazici. Aceste granulații conțin, pe lîngă numeroase enzime, heparină și histamină (substanțe vasodilatatoare). Ele cresc în stadii tardive ale inflamației și se presupune că intervin în vindecarea acesteia.

4. *Limfocitele* au origini în diferite țesuturi (ganglioni limfatici, splină, amigdale, măduva roșie osoasă etc.). Durata de viață a limfocitelor variază de la cîteva ore la cîțiva ani. Cea mai mare parte a limfocitelor intră în sînge prin vasele limfatice. O mică parte se pierd în lumenul intestinal și în plămîni, altele sînt fagocitate, iar cele mai multe, după ce vin în contact cu antigene specifice, proliferează intens și unele din ele se transformă în celule producătoare de anticorpi, răspîndite în țesuturile organismului. Creșteri ale numărului limfocitelor circulante sînt prezente în unele infecții acute, în boli infecțioase după stadiul inițial, în infecții cronice etc.

5. *Monocitele* sînt celule mari, cu granulații foarte fine. Produse în măduva osoasă și în organe limfopoetice, rămîn în circulație doar aproximativ 24 ore, după care migrează în țesuturi, se transformă în macrofage și fagocitează intens bacterii ca și resturi celulare mai mari.

Imunitatea reprezintă capacitatea de a recunoaște și neutraliza macromolecule sau celule străine organismului și care, pătrunse în mediul intern, ar putea produce dereglări ale homeostaziei. Imunitatea înlătură, în afară de substanțele străine, și pe cele proprii organismului, dar pe care acesta nu le mai recunoaște ca proprii, din cauză că au suferit anumite modificări.

Agenții străini, pătrunși în organism (bacterii, toxine, virusuri etc.), grefele sau transplantele, proteinele sau celulele proprii denaturate care determină un răspuns imunologic se numesc *antigene*. Prezența unor substanțe solubile sau particule străine organismului este urmată de acumularea locală de PMN și monocite, care prin pinocitoză și fagocitoză vor încorpora substanțele străine.

Limfocitele, după activare de către antigen, proliferează și sintetizează anticorpi specifici (imunoglobuline), care neutralizează antigenul pătruns sau produs în organism.

Imunitatea poate fi *moștenită (naturală)*, cînd s-a instalat ca urmare a contactului generațiilor anterioare cu un anumit antigen și se transmite ereditar, sau poate fi *dobîndită*, ca urmare a contactului prealabil al organismului cu un anumit antigen (imunitatea consecutivă anumitor boli infecțioase). Imunitatea poate fi dobîndită și artificial, prin vaccinuri care conțin germeni atenuați sau morți — *imunitatea activă*, sau prin administrarea unor seruri imune conținînd anticorpi specifici — *imunitatea pasivă*.

III. **Trombocitele**, cele mai mici elemente figurate, avînd diametrul de 2—4μ, sînt lipsite de nucleu și au în citoplasmă granulații mici. Formate în măduva hematogenă prin fragmentarea unor celule numite megacariocite, trombocitele se găsesc în sînge în număr de aproximativ 300 000/mm^3 și au o supraviețuire de aproximativ o săptămînă, după care sînt distruse, în special de către splină. Trombocitele au importanță fiziologică mare, prin proprietatea lor de a adera la diferite suprafețe rugoase și, în primul rînd, la endoteliile vasculare lezate. După aderare, plachetele eliberează materiale conținute în granulele lor, printre care: histamină, serotonină, ADP, factori care intervin în coagulare etc.

HEMOSTAZA ȘI COAGULAREA SÎNGELUI

Hemostaza spontană este un proces fiziologic extrem de complex prin care se opresc hemoragiile produse prin lezarea vaselor mici și mijlocii. Mecanismele hemostazei intervin imediat după lezare, cînd se produce constricția intensă a vasului lezat și sîngele este deviat prin dilatarea vaselor colaterale, reducîndu-se astfel pierderea de sînge. Prin aglutinarea trombocitelor la marginile plăgii vasculare se constituie un dop plachetar care realizează *hemostaza temporară*.

Hemostaza definitivă se realizează prin formarea unui trombus (cheag) fibrinos, în interiorul și la suprafața dopului plachetar.

— Analizînd 2—3 ml de sînge proaspăt recoltat și pus într-un vas, după puțin timp se vede, cum pe fundul vasului se separă cheagul de culoare roșie și deasupra serul, un lichid ușor gălbui.

Coagularea sîngelui constă în transformarea fibrinogenului plasmatic solubil, în fibrină insolubilă, care formează o rețea de fibre în ochiurile căreia se depun elementele figurate sangvine, constituindu-se astfel cheagul sangvin. Procesul se desfășoară în 3 etape:

a. prin distrugerea trombocitelor se eliberează factorii trombocitari ai coagulării, care se combină cu factorii plasmatici de coagulare, în prezența Ca^{2+} și se formează *tromboplastina;*

b. în prezența Ca^{2+}, tromboplastina acționează asupra protrombinei (o proteină plasmatică sintetizată în ficat în prezența vitaminei K) și formează *trombina activă;*

c. în prezența trombinei active, *fibrinogenul plasmatic* (solubil) se transformă în *fibrină* (insolubilă), care formează rețeaua de fibrină a cheagului sangvin și astfel oprește curgerea sîngelui.

După cîteva zile de la realizarea hemostazei, după refacerea peretelui lezat, cheagul fibrinos este înlăturat prin procesul fibrinolizei, catalizat de o enzimă numită *plasmină*, care se activează în interiorul cheagului.

GRUPELE SANGVINE

Grupele sangvine sînt consecința prezenței pe suprafața hematiilor a unor antigene (A, B), care au primit denumirea de *aglutinogene*, și a unor anticorpi plasmatici (alfa, beta), denumiți *aglutinine*. Aglutinogenele nu trebuie să ajungă în contact direct cu aglutininele de același tip, deoarece se produce aglutinarea și liza hematiilor. De aceea, pentru a se putea realiza o transfuzie de sînge trebuie ca în sîngele primitorului să nu existe aglutinine care să reacționeze cu aglutinogenele de pe hematiile transfuzate.

Pe baza prezenței aglutinogenelor și a aglutininelor se diferențiază 4 grupe sangvine principale: O (I), A (II), B (III), AB (IV).

Grupa sangvină	Aglutinogen	Aglutinină	Pot dona la	Pot primi de la
O (I)	O	alfa, beta	toate grupele	O
A (II)	A	beta	A și AB	A și O
B (III)	B	alfa	B și AB	B și O
AB (IV)	AB	O	AB	toate grupele

Pe hematii există și sistemul Rh, constituit din mai multe antigene, cel mai puternic fiind factorul D, dotat cu mare capacitate antigenică. Oamenii care au pe hematii antigenul D (aproximativ 85%) sînt denumiți *Rh pozitivi*, iar cei care nu au acest antigen (aproximativ 15%) sînt *Rh negativi*. Aceștia din urmă nu au în sînge aglutinine anti-D, dar pot să le sintetizeze dacă primesc și o singură transfuzie de sînge Rh pozitiv și să prezinte manifestări grave de incompatibilitate la o nouă transfuzie de sînge Rh pozitiv, uneori la ani de zile de la prima transfuzie. De aceea, cei cu Rh negativ trebuie să primească numai sînge Rh negativ.

Femeile Rh negative, care au o sarcină cu făt Rh pozitiv (factorul Rh fiind de proveniență paternă), ca urmare a pătrunderii hematiilor fetale în circulația maternă, pot sintetiza anticorpi anti-Rh. De aceea, în timpul gravidității, la femei Rh negative cu soțul Rh pozitiv trebuie urmărită concentrația anticorpilor anti-Rh și să se intervină activ cînd creșterile devin amenințătoare pentru viața fetală.

TEME

— Descrieți drumul parcurs de leucocite, de la locul de formare a lor, pînă la degetul mare al mîinii drepte, care este infectat.
— Alcătuiți o schemă care să reprezinte compatibilitatea grupelor sangvine.

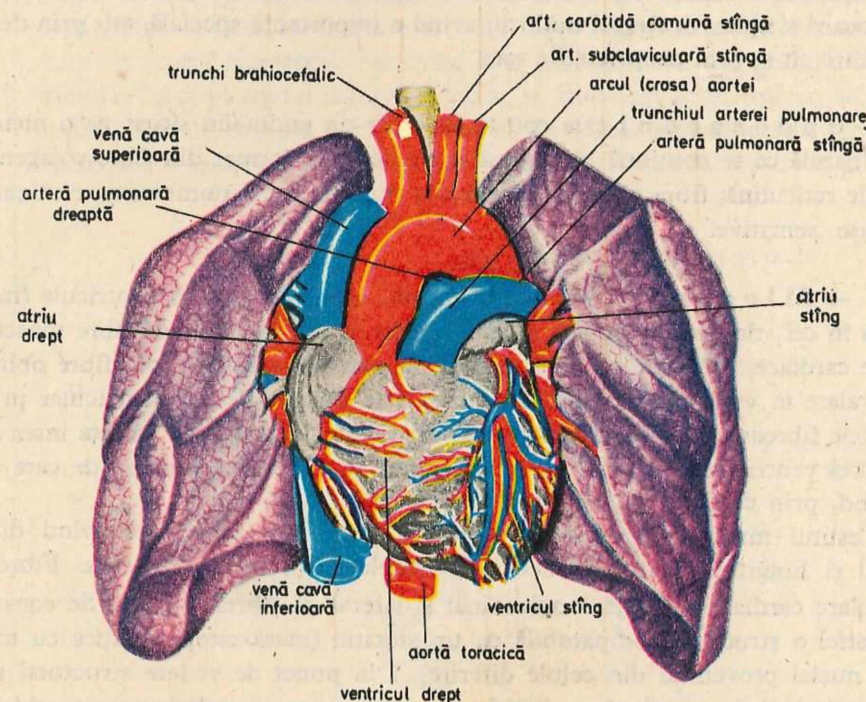
SISTEMUL CIRCULATOR

Sistemul circulator este format din inimă, vasele sangvine și limfatice, care alcătuiesc o unitate funcțională coordonată și permanent adaptată nevoilor organismului.

INIMA

— Făcînd disecția unui mamifer mic — prin deschiderea cavității toracice, veți putea observa poziția inimii și raporturile sale cu organele din jur.

Comparînd inima observată pe animalul disecat cu mulajul și figura 72, constatați că este un organ musculos, cavitar, tetracameral, care pompează ritmic în artere sîngele pe care îl primește prin vene. Deși la om cîntărește aproxi-



DUPĂ ATERIZARE

Fig. 72. Poziția inimii și raporturile sale.

mativ 300 g şi are mărimea pumnului unui adult, inima efectuează o activitate uriaşă, zilnic contractîndu-se de peste 100 000 ori şi pompînd peste 7 200 l de sînge.

Secţionînd inima, se constată că este constituită din două atrii şi două ventricule, separate complet prin septurile interatrial şi interventricular. Fiecare atriu comunică cu ventriculul respectiv prin orificiile atrio-ventriculare prevăzute cu valve, care se deschid doar într-un anumit sens, spre ventricule: stîng (bicuspidă) şi drept (tricuspidă).

Inima poate fi considerată din punct de vedere funcţional ca o dublă pompă, fiecare deservind o circulaţie complet separată: *circulaţia mare (sistemică)*, care începe în ventriculul stîng şi este formată din aortă, arterele mari şi mici, arteriole, capilare, venule, vene mijlocii şi mari, venele cave, care se deschid în atriul drept şi *circulaţia mică (pulmonară)*, constituită din artera pulmonară cu originea în ventriculul drept, capilare, venele pulmonare ce se deschid în atriul stîng.

STRUCTURA HISTOLOGICĂ A INIMII

— Făcînd disecţia inimii, prin deschiderea cavităţilor, observaţi unele componente. Inima este alcătuită din trei straturi concentrice: endocard, miocard şi epicard, stratul mijlociu avînd o importanţă specială, atît prin dezvoltare cît şi prin proprietăţile sale.

— **Endocardul** este constituit dintr-un endoteliu situat pe o membrană bazală ce se continuă cu stratul subendotelial, format din fibre colagene, fibre de reticulină, fibre elastice, rare celule conjunctive şi numeroase terminaţii nervoase senzitive.

— **Miocardul**, muşchiul inimii, este mai gros în ventricule (mai ales în cel stîng) decît în atrii şi este constituit din fascicule de fibre musculare cardiace, orientate circular şi oblic în peretele atriilor, şi din fibre oblic-spiralate în ventricule. Miocardul atrial este separat de cel ventricular prin inelele fibroase atrio-ventriculare. Miocardul atrial este neted pe faţa internă, iar cel ventricular prezintă muşchi papilari şi trabecule cărnoase de care se prind, prin cordaje, valvele atrio-ventriculare.

Ţesutul muscular cardiac este alcătuit din fibre musculare avînd diametrul şi lungimea mai mici decît ale fibrelor musculare scheletice. Fibrele musculare cardiace se leagă longitudinal şi lateral cu fibrele vecine. Se constituie astfel o structură comparabilă cu un sinciţiu (masă citoplasmatică cu mai mulţi nuclei provenind din celule diferite). Din punct de vedere structural nu este vorba însă de un adevărat sinciţiu, deoarece microscopul electronic evidenţiază limitele de separaţie dintre membranele a două celule miocardice unite longitudinal, care apar foarte net sub forma unor benzi transversale denumite *discuri intercalare* (fig. 73).

Observată electronomicroscopic, fibra cardiacă prezintă o sarcolemă subţire, nucleul mic, situat central, sarcoplasmă abundentă, miofibrile numeroase cu structură striată asemănătoare cu a celor din fibrele musculare scheletice, multe mitocondrii şi un reticul endoplasmic bogat.

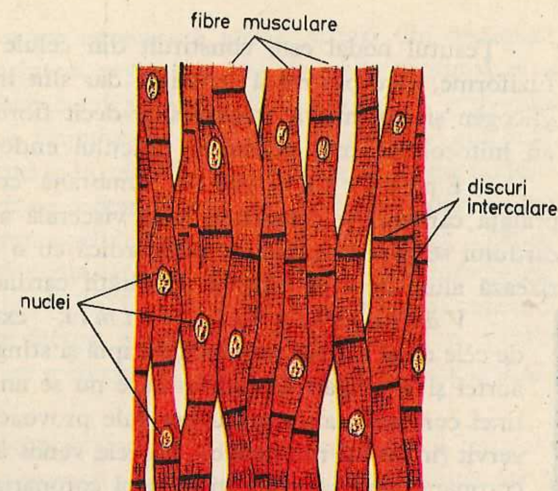


Fig. 73. Ţesutul muscular striat cardiac.

În peretele inimii, în afara celulelor miocardice, mai există celule specializate în generarea şi conducerea impulsurilor de contracţie; acestea constituie *ţesutul excitoconductor nodal* (embrionar).

— Urmărind figura 74 veţi observa că sistemul excitoconductor este grupat în mai multe formaţiuni: *nodulul sinoatrial*, situat în peretele atriului drept lîngă orificiul de vărsare al venei cave superioare, *nodulul atrioventricular* în septul interatrial, *fasciculul His*, care porneşte din nodulul atrioventricular, intră în septul interventricular şi, după un scurt traiect, se împarte în două ramuri (dreaptă şi stîngă) care se distribuie subendocardic celor două ventricule şi se termină prin *reţeaua Purkinje* în fibrele miocardului contractil.

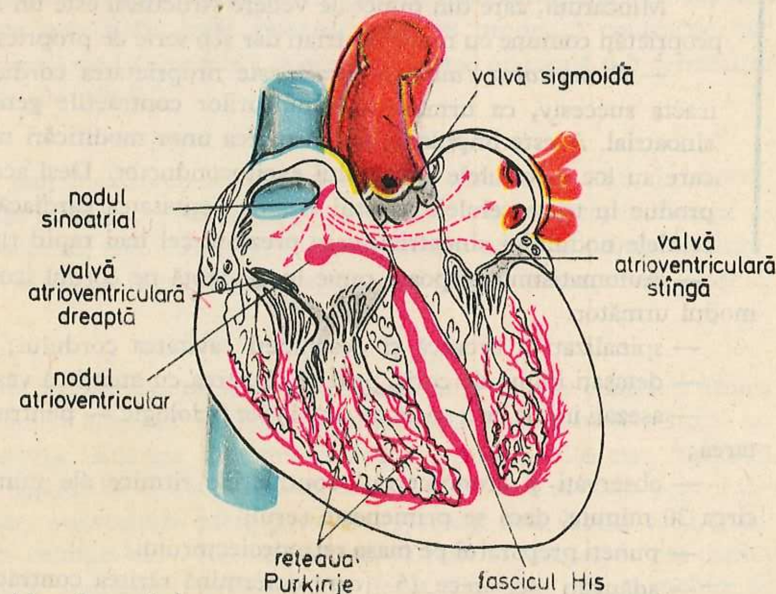


Fig. 74. Inima şi ţesutul excitoconductor.

Țesutul nodal este constituit din celule miocardice modificate, alungite, fuziforme, care păstrează striațiile, dar sînt incomplet delimitate, au mai mult glicogen și mai multă sarcoplasmă decît fibrele miocardului adult; în schimb, au mitocondrii mai puține și reticulul endoplasmic mai redus.

— **Epicardul** este o membrană conjunctivă subțire ce acoperă suprafața cardiacă și constituie foița viscerală a pericardului. Între foițele pericardului se găsește cavitatea pericardică cu o lamă subțire de lichid care favorizează alunecarea în timpul activității cardiace.

Vascularizația inimii, extrem de bogată, este asigurată de cele două artere coronare (dreaptă și stîngă), care se desprind de la originea aortei și se împart în ramuri care nu se anastomozează între ele. Obstrucția unei coronare sau a ramurilor sale provoacă necroza teritoriului cardiac deservit (infarctul miocardic). Sîngele venos al cordului este colectat de venele coronare, care se varsă în sinusul coronarian ce se deschide direct în atriul drept.

Inervația extrinsecă a inimii este realizată prin fibre vegetative simpatice și parasimpatice formînd plexul cardiac. Fibrele simpatice provin din ganglionii cervicali și exercită efecte stimulatoare asupra miocardului și vasodilatatoare coronariene. Fibrele parasimpatice provin din nervii vagi, inervează predominant nodulii sinoatrial și atrioventricular și au ca efect diminuarea activităților cordului.

PROPRIETĂȚILE MUȘCHIULUI CARDIAC

Miocardul, care din punct de vedere structural este un mușchi striat, are proprietăți comune cu mușchii striați dar și o serie de proprietăți caracteristice.

— *Ritmicitatea (automatismul)* este proprietatea cordului de a se contracta succesiv, ca urmare a impulsurilor contractile generate de nodulul sinoatrial. Aceste impulsuri sînt urmarea unor modificări metabolice ritmice care au loc în celulele sistemului excitoconductor. Deși aceste modificări se produc în toate celulele acestui sistem, activitatea cardiacă este condusă de celulele nodulului sinoatrial, care prezintă cel mai rapid ritm de descărcări.

— Automatismul se poate pune în evidență pe cordul izolat, procedînd în modul următor:

— spinalizați o broască și deschideți cavitatea cordului;

— detașați inima de corp, prin secționarea, cu atenție, a vaselor sangvine;

— așezați inima pe o sticlă de ceas în ser fiziologic — pentru a evita deshidratarea;

— observați și cronometrați contracțiile ritmice ale inimii, care durează circa 30 minute, dacă se primenește serul;

— puneți preparatul pe masa retroproiectorului;

— adăugați ser rece (5°) care determină rărirea contracțiilor și ser cald (25—30°) care determină intensificarea acestora.

— În concluzie se poate aprecia că inima, scoasă din organism, deci lipsită de orice influențe extrinseci vegetative sau umorale, continuă să se contracte, dacă i se asigură anumite condiții. În condiții fiziologice, activitatea cardiacă ritmică este condusă de impulsurile generate de nodulul sinoatrial (70—80/minut), care difuzează rapid în întreg miocardul. În cazul lezării nodulului sinoatrial, preia rolul de centru de comandă nodulul atrioventricular, a cărui ritmicitate este mai redusă (40 impulsuri/minut). În cazul întreruperii legăturii acestui nodul cu fasciculul His, frecvența cardiacă ajunge la 20—25 contracții/minut, impulsurile fiind generate în fasciculul His. Activitatea centrului de comandă poate fi modificată de o serie de factori extrinseci: temperatură, concentrația unor ioni (Na^+, K^+, Ca^{2+} etc.) și de mediatorii chimici (adrenalină, acetilcolină).

— *Conductibilitatea* este proprietatea miocardului, în special a țesutului nodal, de a conduce unda de contracție de la nivelul nodulului sinoatrial în întreg cordul. Prin fibrele musculare ale atriului drept, unda de depolarizare se propagă în toate direcțiile și cuprinde întreaga musculatură a atriilor, determinînd sistola atrială; apoi, unda cuprinde nodulul atrioventricular, după care se transmite prin fasciculul His și ramurile sale pînă la rețeaua Purkinje; ajungînd la nivelul miocardului ventricular, determină sistola ventriculară.

Lezarea sistemului de conducere produce tulburări ale activității cardiace denumite *blocuri* (total, parțial, de ramură).

— *Excitabilitatea* este proprietatea miocardului de a răspunde printr-o contracție la stimuli adecvați. Miocardul se contractă numai dacă stimulul are o anumită intensitate (prag) și atunci contracția este *maximală*. Stimulii sub nivelul prag — *stimuli subliminari* — nu provoacă contracția miocardului, iar stimulii cu intensități peste valoarea prag nu produc o contracție mai puternică. Această particularitate a miocardului este cunoscută sub denumirea de legea „tot sau nimic".

Miocardul este inexcitabil în timpul cît este contractat, deci, în sistolă. Această perioadă, în care cordul nu răspunde printr-o contracție, indiferent de intensitatea stimulului, este numită *perioadă refractară absolută* și asigură ritmicitatea activității cardiace, împiedicînd apariția unui tetanos prin sumația contracțiilor.

— *Contractilitatea* este proprietatea miocardului de a se contracta atunci cînd este stimulat adecvat. Contracțiile miocardului se numesc sistole, iar relaxările, diastole. Energia necesară contracției miocardului este furnizată prin desfacerea legăturilor fosfat macroergice ale ATP, care se refac prin utilizarea unor variate substraturi energogenetice (glucoză, acid lactic, acizi grași, aminoacizi, corpi cetonici etc.). Aceste procese, extrem de intense, se pot realiza numai în condițiile unui aport corespunzător de O_2 deoarece, spre deosebire de mușchii scheletici, inima nu poate face „datorie de O_2."

ACTIVITATEA MECANICĂ A INIMII.

Revoluţia cardiacă

Inima funcţionează ca o pompă respingătoare, contracţiile ventriculare ritmice asigură circulaţia sangvină permanentă prin cele două circuite, sistemic şi pulmonar, iar aparatul valvular al inimii imprimă un sens obligatoriu circulaţiei intracardiace a sîngelui (fig. 75).

Succesiunea unei contracţii (sistola) şi a unei relaxări cardiace (diastola) constituie *ciclul* sau *revoluţia cardiacă*, avînd o durată de 0,8 s (70/min).

În timpul diastolei atriale sîngele adus la cord de venele mari se acumulează în atrii, deoarece valvele atrioventriculare sînt închise. După terminarea sistolei ventriculare, presiunea intraventriculară scade rapid, devenind inferioară celei atriale şi, ca urmare, valvele atrioventriculare se deschid şi sîngele se scurge pasiv din atrii în ventricule. Umplerea ventriculară pasivă este răspunzătoare pentru aproximativ 70% din sîngele care trece din atrii în ventricule, restul de 30% fiind împins, ca urmare a sistolei atriale.

— Urmărind reprezentarea grafică a activităţii inimii, deduceţi timpii unei revoluţii cardiace (fig. 76)!

Sistola atrială are durată scurtă (0,1 s) şi eficienţă redusă, din cauză că miocardul atrial este slab dezvoltat. În timpul sistolei atriale, sîngele nu poate

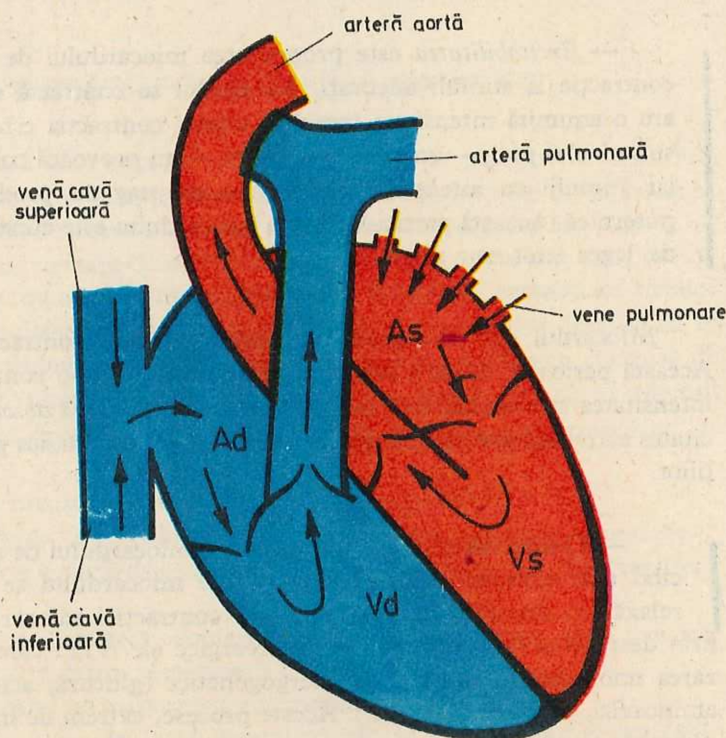


Fig. 75. Circulaţia intracardiacă a sîngelui.

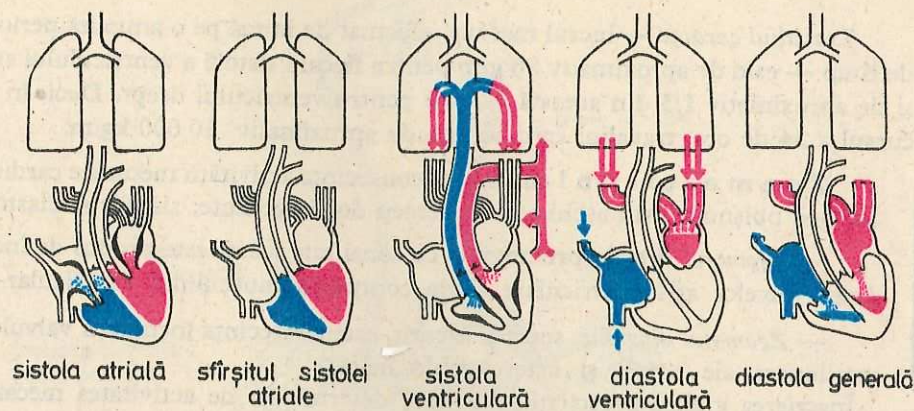


Fig. 76. Revoluţia cardiacă.

reflua în venele mari, din cauza contracţiei concomitente a unor fibre cu dispoziţie circulară, care înconjură orificiile de vărsare ale acestor vene în atrii; ca urmare, sîngele trece în ventricule. După ce s-au contractat, atriile intră în diastolă — 0,7 s.

Sistola ventriculară urmează după cea atrială (0,3 s). Curînd după ce ventriculul a început să se contracte, presiunea intraventriculară depăşeşte pe cea intraatrială şi, ca urmare, se închid valvele atrioventriculare. Urmează o perioadă scurtă în care ventriculul este complet închis, contracţia ventriculară determinînd creşterea presiunii intraventriculare. Cînd presiunea intraventriculară depăşeşte pe cea din arterele ce pleacă din cord, se deschid valvulele semilunare de la baza acestor vase şi începe evacuarea sîngelui din ventricul. Evacuarea sîngelui se face la început rapid şi apoi lent, presiunea intraventriculară scăzînd progresiv. În timpul sistolei, ventriculele expulzează în aortă şi, respectiv, în artera pulmonară, 70—90 ml sînge — *debit sistolic.*

După sistolă ventriculele se relaxează, presiunea intraventriculară scade rapid şi, cînd ajunge sub nivelul celei din arterele mari, se închid valvulele sigmoide. Ventriculele continuă să se relaxeze şi, o anumită perioadă de timp, sînt din nou cavităţi închise; treptat presiunea intraventriculară scade sub nivelul celei intraatriale, se deschid valvele atrioventriculare, sîngele din atrii începe să se scurgă pasiv în ventricule şi ciclul reîncepe.

De la sfîrşitul sistolei ventriculare pînă la începutul unei noi sistole atriale, inima se găseşte în stare de repaus mecanic — *diastolă generală* (0,4 s).

Activitatea mecanică a cordului este apreciată pe baza valorii debitelor sistolic şi cardiac.

— *Debitul sistolic* reprezintă cantitatea de sînge expulzată de ventricule la fiecare sistolă şi variază între 70—90 ml.

— *Debitul cardiac*, obţinut prin înmulţirea debitului sistolic cu frecvenţa cardiacă pe minut are, obişnuit, valori de aproximativ 5,5 l, dar poate creşte în timpul efortului muscular pînă la 30—40 l; debitul cardiac creşte şi în timpul sarcinii, al febrei şi scade în timpul somnului.

Travaliul cardiac — lucrul mecanic efectuat de inimă pe o anumită perioadă de timp — este de aproximativ 86 g/m pentru fiecare sistolă a ventriculului stîng şi de aproximativ 1/5 din această valoare pentru ventriculul drept. Deci, în decursul a 24 de ore, travaliul cardiac este de aproximativ 10 000 kg/m.

Zgomotele inimii sînt consecinţa activităţii mecanice cardiace. În mod obişnuit, prin ascultaţie se percep două zgomote: sistolic şi diastolic.

— *Zgomotul sistolic*, prelungit şi cu tonalitate joasă, este produs de închiderea valvelor atrioventriculare şi de contracţia muşchiului ventricular.

— *Zgomotul diastolic*, scurt şi ascuţit, este consecinţa închiderii valvulelor semilunare ale aortei şi arterei pulmonare.

Înscrierea grafică a oscilaţiilor sonore determinate de activitatea mecanică a cordului reprezintă *fonocardiograma*.

Variaţiile potenţialelor electrice din timpul revoluţiei cardiace se pot înregistra grafic sub formă de *electrocardiogramă* şi reprezintă metoda cea mai folosită pentru a investiga activitatea cordului.

SISTEMUL VASCULAR

Vasele sangvine reprezintă un sistem închis de tuburi prin care circulă sîngele de la cord spre ţesuturi şi de aici înapoi către cord.

Sistemul vascular este constituit din vase de calibru diferit — artere, arteriole, metaarteriole, capilare, venule şi vene —, cu structură adaptată funcţiei fiecărui sector irigat.

Circulaţia sangvină este constituită din două circuite vasculare, complet separate, dar strîns corelate funcţional: circulaţia sistemică (marea circulaţie) şi circulaţia pulmonară (mica circulaţie) — figura 77.

A. CIRCULAŢIA SANGVINĂ SISTEMICĂ

Circulaţia sistemică asigură transportul sîngelui de la inimă spre organe şi ţesuturi prin sistemul arterial şi capilar, iar reîntoarcerea la inimă prin sistemul venos.

1. Circulaţia arterială

— Observaţi figura 78, diapozitivul sau mulajul corespunzător pentru circulaţia sistemică; veţi deduce că aceasta începe în ventriculul stîng, de unde pleacă artera aortă, din care se desprind apoi toate arterele mari. Aorta prezintă trei porţiuni: *aorta ascendentă*, *cîrja aortică* şi *aorta descendentă* cu două segmente, toracic (supradiafragmatic) şi abdominal (subdiafragmatic) care se bifurcă în *arterele iliace comune, dreaptă* şi *stîngă*.

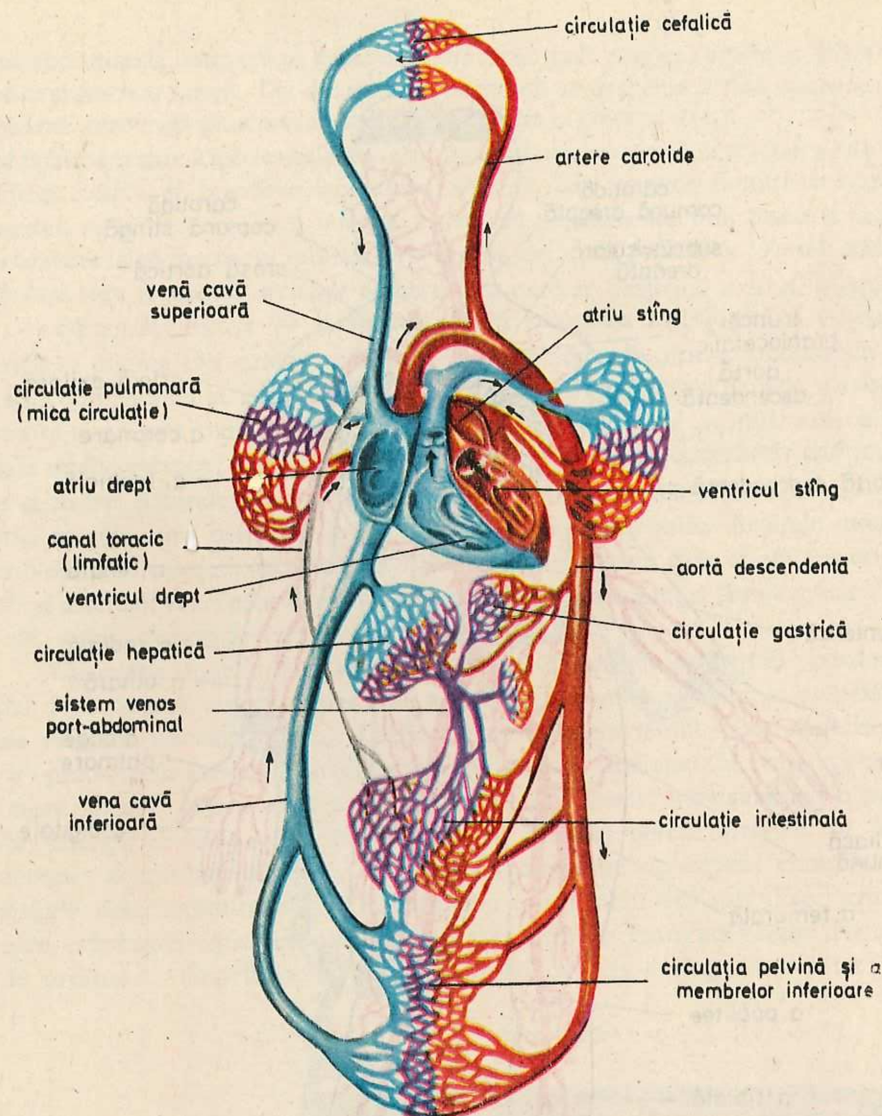


Fig. 77. Schema circulaţiei sîngelui.

RADU CU AIDS.

— Reveniţi asupra figurii 78 şi observaţi principalele conducte arteriale.

Din porţiunea iniţială a aortei se desprind cele două *artere coronare, dreaptă* şi *stîngă*, care irigă cordul. Din cîrja aortică pornesc: *trunchiul brahiocefalic*, care se împarte în *artera subclaviculară dreaptă* şi *carotida comună dreaptă*, *artera carotidă comună stîngă* şi *artera subclaviculară stîngă*. Carotidele irigă encefalul, organele feţei şi gîtului. Arterele subclaviculare se continuă cu *arterele axilare, brahiale, artera radială* şi *ulnară*, care formează cele două *arcade palmare* şi *arterele digitale;* aceste artere irigă ţesuturile membrelor superioare. Din partea toracică a aortei se desprind *arterele esofagiene, bronşice* şi *intercostale*, iar din

TARZAN OMUL ÎN LANȚURI

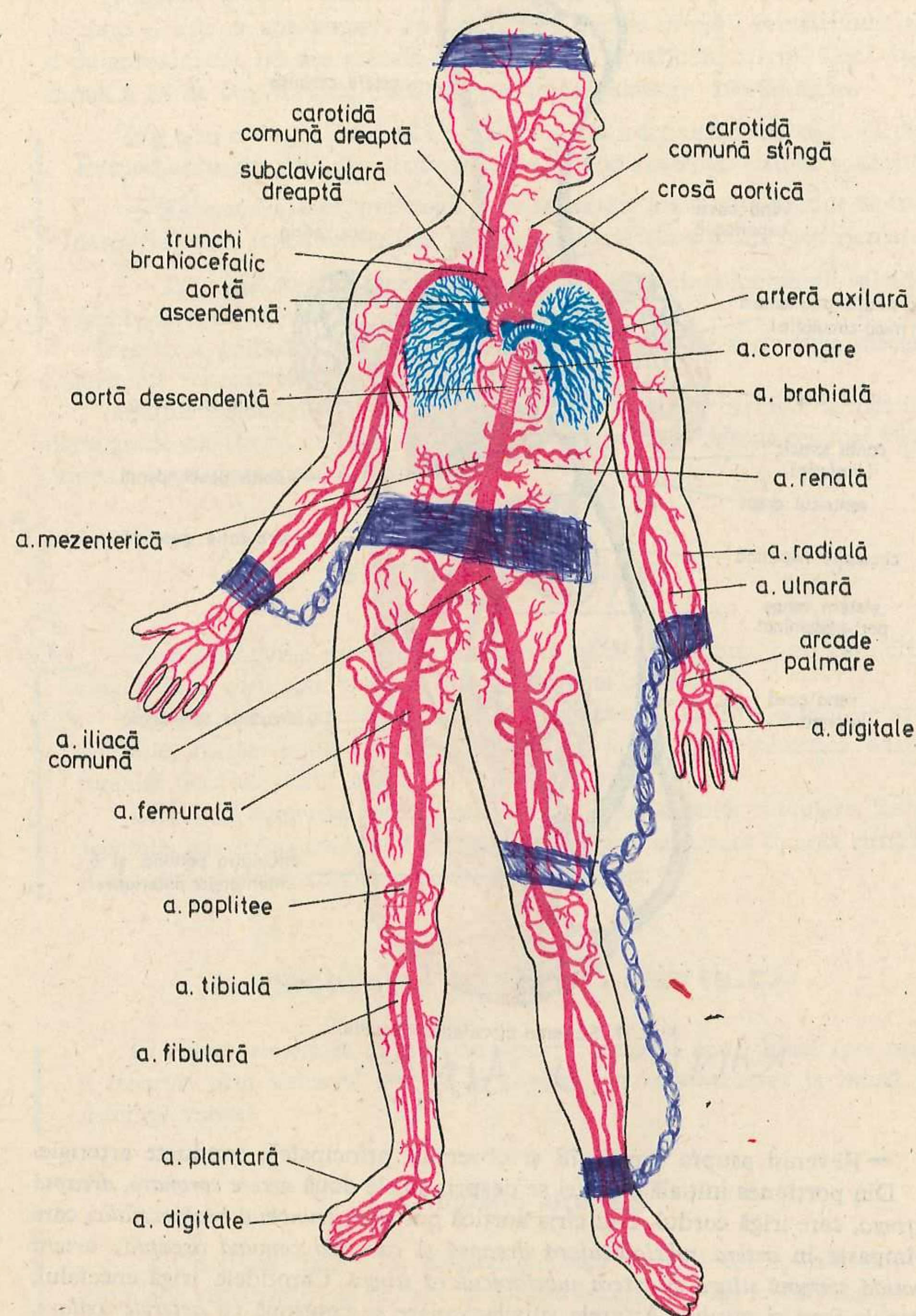


Fig. 78. Circulația arterială.

partea abdominală iau naştere *trunchiul celiac*, din care pornesc arterele: *splenică*, *hepatică* şi *gastrica stîngă*. Tot din aorta abdominală se desprind *artera mezenterică superioară*, care irigă pancreasul, intestinul subţire şi colonul drept, *artera mezenterică inferioară* care irigă restul colonului şi rectul,*arterele renale* şi *arterele genitale*, care irigă rinichii şi, respectiv, gonadele. *Arterele iliace comune*, ramuri terminale ale aortei, se bifurcă în *iliaca internă*, care irigă organele micului bazin şi *iliaca externă*, care irigă membrul inferior prin *artera femurală*, *poplitee* şi *arterele tibiale* şi *fibulare* care formează *arcadele plantare* din care se desprind *arterele digitale*.

— Observaţi figura 79 şi sesizaţi că în structura histologică a pereţilor arteriali se disting trei tunici: *tunica internă* este formată dintr-un endoteliu cu un strat subendotelial, conjunctiv, bogat în reţele de fibre şi lamele elastice; — *tunica medie* este constituită din lamele elastice concentrice şi celule musculare ataşate reţelei elastice; *tunica externă* este formată din ţesut conjunctiv conţinînd vase şi nervi. Arterele mari (aorta şi ramurile ei principale) sînt artere de tip elastic, în structura peretelui lor predominînd ţesutul elastic. Arterele mici şi arteriolele au un perete gros faţă de diametrul lumenului, care diferă structural de cel al arterelor mari prin faptul că în tunica medie predomină fibrele musculare netede, avînd dispoziţie circulară.

Circulaţia sîngelui în artere este asigurată de activitatea ritmică a cordului, dar depinde şi de structura pereţilor arteriali, precum şi de anumite proprietăţi ale sîngelui (viscozitate etc.). La fiecare sistolă ventriculul stîng propulsează sub presiune în aortă şi în arterele mari o cantitate de sînge. Ca urmare, pereţii bogaţi în ţesut elastic ai acestor vase se destind pasiv, înmagazinînd o parte din energia cinetică a jetului sangvin. În diastolă pereţii arteriali, pe baza energiei acumulate anterior, revin la dimensiunile de repaus, comprimînd sîngele, care, neputînd reflua în cord, din cauza închiderii valvulelor semilunare, este împins spre ţesuturi. Elasticitatea arterelor mari, adevărate „cisterne de presiune", contribuie la realizarea unei curgeri a sîngelui într-un flux

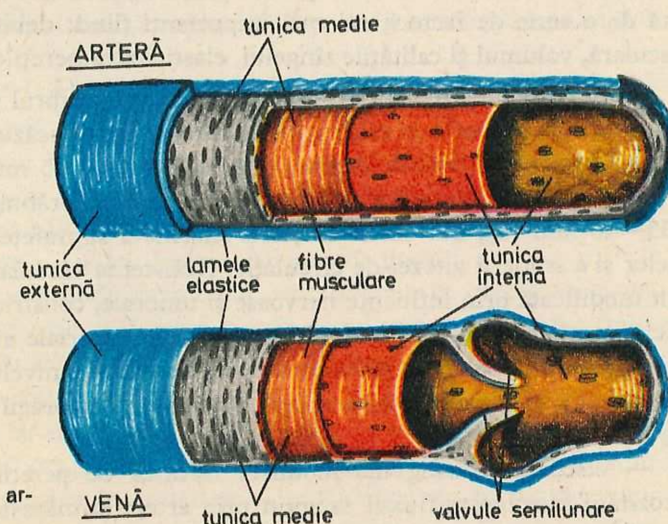


Fig. 79. Structura pereţilor arteriali şi venoşi.

continuu la nivelul arterelor și capilarelor. Rolul elasticității vasculare în circulația sîngelui poate fi demonstrat folosind aparatul Marey.

— Procedați în modul următor:

— puneți apă în flaconul de sticlă;

— comprimați tubul de legătură în mod ritmic, cu maneta (manevră comparabilă cu sistola ventriculară); constatați:

a. prin tubul de sticlă curgerea este sacadată (pereții tubului sînt rigizi);

b. prin tubul de cauciuc — comparabil cu peretele arterial — curgerea este continuă (fenomen datorat elasticității tubului).

În arterele mici și arteriole un rol important în circulația sîngelui îl au variațiile calibrului vascular, dilatația sau contracția acestor vase influențînd profund debitul sangvin. Arterele mici sînt considerate ca „ecluze de irigație", deoarece sub influența impulsurilor nervoase primite prin nervii simpatici pot modifica irigația tisulară în funcție de necesități.

Presiunea arterială. Presiunea sub care circulă sîngele în artere și care se transmite pereților vasculari reprezintă *tensiunea arterială.* Ea este corelată cu sistola și diastola; astfel, în timpul sistolei ventriculului stîng, presiunea în aortă și ramificațiile ei mari crește brusc pînă la 120—140 mm Hg, valoare care reprezintă *presiunea (tensiunea) arterială maximă* (sistolică). În timpul diastolei are loc scăderea presiunii arteriale pînă la 70—80 mm Hg, valoare denumită *presiune (tensiune) arterială minimă* (diastolică). Diferența dintre presiunea maximă și minimă diminuă progresiv, pe măsura micșorării calibrului arterial.

Presiunea arterială se măsoară la nivelul arterei brahiale cu ajutorul unor aparate speciale denumite *tensiometre.*

Presiunea arterială este menținută în limite normale datorită unor mecanisme neuroumorale foarte complexe. Valoarea presiunii arteriale este condiționată de o serie de factori, cei mai importanți fiind: debitul cardiac, rezistența vasculară, volumul și calitățile sîngelui, elasticitatea pereților vasculari.

— Rezistența vasculară periferică depinde de calibrul vascular și de viscozitatea sîngelui. În vasele cu calibru mare, rezistența este scăzută; de aceea tensiunea arterială în artera brahială, de exemplu, este doar cu 5 mm Hg inferioară celei aortice. La nivel arteriolar, presiunea sangvină se prăbușește brusc, ajungînd la 35—40 mm Hg, din cauza creșterii enorme a suprafeței de secțiune totală a vaselor și a scăderii vitezei de circulație. Rezistența vasculară arteriolară poate fi mult modificată prin influențe nervoase și umorale, constricția sau dilatația arteriolelor putînd modifica rapid nivelul tensiunii arteriale sistemice.

— Volumul sangvin influențează, de asemenea, nivelul presiunii arteriale, fapt dovedit de variațiile tensionale produse de hemoragii sau de transfuzii de sînge.

— Viscozitatea sangvină modifică frecarea de pereții vasculari, creșterea viscozității încetinește fluxul sangvin prin artere și mărește presiunea arterială, iar scăderea viscozității are efecte contrarii.

— Elasticitatea pereților vasculari, care scade cu vîrsta, reprezintă un factor important de care depinde rezistența vasculară, aceasta crescînd cu scăderea elasticității.

Viteza de circulație a sîngelui în artere (0,5 m/s în aortă) scade lent în vasele mari și scade intens în arteriole, ajungînd la 0,5 mm/s, datorită creșterii imense a suprafeței totale de secțiune a acestui sector vascular și a creșterii frecării datorită micșorării calibrului vascular.

Pulsul arterial, perceput cînd se comprimă o arteră pe un plan osos, este rezultatul undei determinată de distensia pereților aortei, ca urmare a evacuării bruște a sîngelui din ventriculul stîng. Unda pulsului se propagă prin pereții arteriali cu viteză de 10 ori mai mare decît unda fluxului sangvin. Palparea pulsului informează asupra frecvenței și ritmului cardiac, iar înregistrarea grafică a undei pulsului — *sfigmograma* — dă informații asupra particularităților ei.

2. Circulația capilară

Capilarele sînt vasele sangvine cele mai mici, avînd lungime de aproximativ 0,5 mm și diametrul între 5—20μ. Capilarele din corpul uman, puse cap la cap, realizează o lungime de aproximativ 2 500 km și o suprafață de 6 200 m^2. Capilarele se desprind din metaarteriole, ramificații ale arteriolelor (care mai au încă un strat muscular) și fac legătura cu venulele, sau se anastomozează cu ramuri laterale ale altor capilare principale formînd rețele capilare de forme și dimensiuni variabile în funcție de activitatea metabolică a țesutului.

— Observarea circulației capilare se poate realiza prin probe simple:

a. ● Cu ajutorul unui tifon umed, imobilizați o broască, cu fața ventrală în sus.

● Așezați extremitatea labei posterioare în dreptul unui inel de plută, așa fel încît membrana interdigitală să fie întinsă deasupra orificiului; fixați cu ace.

● Umeziți preparatul cu apă și potriviți-l pe măsuța microscopului. Observați!

b. ● Lucrînd cu același animal, fixați-i limba în dreptul orificiului făcut în plută — și priviți apoi la microscop.

Urmăriți: — sensul circulației sîngelui (arteriole, capilare, venule);

— coloana sangvină extrem de subțire din capilare, explicată prin calibrul lor și evidențiată prin deplasarea hematiilor;

— bogăția rețelei capilare la nivelul limbii.

Forma și dimensiunile capilarelor sînt diferite în diverse țesuturi, iar numărul lor este cu atît mai mare cu cît activitatea metabolică a țesutului este mai intensă. Astfel, pe mm^2 numărul capilarelor din miocard este dublu față de cel al mușchiului striat. În mușchiul striat nu toate capilarele sînt permanent irigate cu sînge. În mușchiul striat în repaus numărul capilarelor irigate este de peste 10 ori mai mic pe mm^2 de suprafață comparativ cu numărul capilarelor aceluiași mușchi în activitate. Deschiderea sau închiderea capilarelor este condiționată de variațiile tonusului arteriolei și metaarteriolei și mai

ales de tonusul sfincterului precapilar, situat la desprinderea capilarului din metaarteriale. Aceste formațiuni musculare netede prezintă contracții periodice. În condiții de repaus sfincterul precapilar se contractă, capilarele nu sînt irigate, iar în activitate sfincterul se relaxează și capilarele se deschid. Deci, modificările calibrului capilarelor sînt pasive și depind de variațiile presiunii din arteriole și metaarteriole, dar și de particularitățile tisulare.

Structura peretelui capilar este adaptată pentru realizarea schimburilor dintre sînge și țesuturi (fig. 80). Peretele capilar este constituit dintr-un strat de celule endoteliale, așezat pe o membrană bazală, și periteliu, format din țesut conjunctiv lax cu fibre colagene și reticulare.

Circulația sîngelui în capilare se face continuu și foarte lent (0,7 mm/s din cauza suprafeței de secțiune mari a acestor vase. Presiunea intracapilară variază foarte mult de la un teritoriu la altul și este condiționată de activitatea cardiacă.

Capilarele, deși conțin doar aproximativ 5% din sîngele circulant, reprezintă sectorul funcțional cel mai important al circulației, deoarece la nivelul lor, prin intermediul lichidelor interstițiale, au loc schimburile de substanțe nutritive și plastice și schimburile respiratorii dintre sînge și celule. Schimburile dintre plasmă și lichidele interstițiale au o importanță vitală deoarece asigură celulelor O_2, substanțele energetice și plastice necesare și înlătură CO_2, ca și substanțele nevolatile rezultate din metabolism. Schimburile sînt asigurate de particularitățile structurale ale capilarelor (suprafața imensă de schimb, cu posibilități de a fi încă mult crescută, grosimea minimă a peretelui endotelial separator), dinamica circulației sîngelui în capilare, viteză mică.

Datorită structurii capilarelor, schimburile dintre plasma sangvină și lichidele interstițiale se fac prin pinocitoză, difuziune și filtrare.

Cantitatea de lichide transportate prin peretele capilar este imensă, pe fiecare minut filtrează din capilare în interstiții o cantitate de lichide egală cu volumul plasmatic și o cantitate egală reintră în circulație direct sau drenată prin vasele limfatice.

Circulația în capilare este profund influențată de factori tisulari, fizici, chimici, termici, prin modificarea calibrului capilar și de produșii de catabolism (acidul lactic, CO_2); acidoza dilată capilarele și mărește fluxul sangvin, iar frigul are efect constrictor.

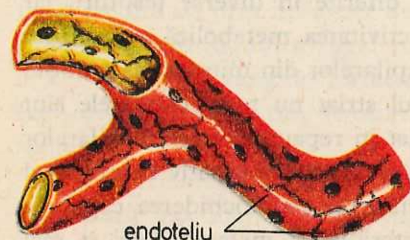


Fig. 80. Structura capilarului sangvin.

3. Circulația venoasă

Venele sînt vase sangvine prin care sîngele circulă dinspre capilare spre inimă și au un volum de 3 ori mai mare decît cel al arterelor. Structura pereților venoși cuprinde aceleași 3 tunici ca și cea a arterelor, dar cu anumite adaptări (v. fig. 79), datorate condițiilor hemodinamice speciale din sectorul venos (presiune scăzută, lipsa variațiilor presionale, suprafață mai mare, viteză de circulație mai redusă etc.). De aceea venele au pereții mai subțiri și se destind cu ușurință. Venele situate sub nivelul cordului sînt prevăzute cu valvule (pliuri, ca niște buzunare) și au musculatura mai dezvoltată. Venele colectează sîngele din toate țesuturile și îl transportă spre atrii. Sistemul venos al marii circulații se colectează în vena cavă superioară și vena cavă inferioară care se deschid în atriul drept (fig. 81).

Vena cavă superioară rezultă prin unirea celor *două trunchiuri brahiocefalice, drept* și *stîng*. Trunchiurile brahiocefalice se formează prin confluența *venelor jugulare interne* (drenează sîngele venos din cap și gît) cu *venele subclaviculare* (colectează sîngele ce a irigat membrele superioare).

Vena cavă inferioară colectează sîngele pereților și organelor din abdomen, bazin și membrele inferioare. Se formează prin unirea celor două *vene iliace comune*, care rezultă din confluența *venelor iliace interne* (drenează sîngele venos din micul bazin), cu *venele iliace externe* (ce aduc sîngele de la membrul inferior). În traiectul său ascendent, vena cavă inferioară primește: *venele genitale* (testiculară sau ovariană), *venele renale, venele hepatice, diafragmatice* și *lombare*. Venele hepatice drenează sîngele care a irigat ficatul, fiind adus prin *vena portă* (fig. 82), formată prin unirea venelor: *splenică, mezenterică superioară* și *mezenterică inferioară* (care colectează sîngele venos din tubul digestiv, glandele anexe digestive și splină).

Circulația sîngelui în vene este mult mai lentă decît în artere, în venele mari atingînd viteza de 10 cm/s iar în venule de 0,5 mm/s. Viteza scurgerii sîngelui prin vene crește progresiv de la venule spre venele mari, datorită creșterii diametrului vascular venos și concomitent scade presiunea intravenoasă spre venele mari, la intrarea în atriul drept.

Sîngele circulă prin vene spre cord datorită mai multor mecanisme, dintre care, mai importante sînt:

— *Aspirația toracică* — factor care acționează mai ales în timpul inspirației și influențează predominant presiunea din venele mari, realizînd o aspirație a sîngelui spre cord. În timpul inspirației acționează și coborîrea diafragmului care mărește presiunea intraabdominală, împingînd sîngele spre cord.

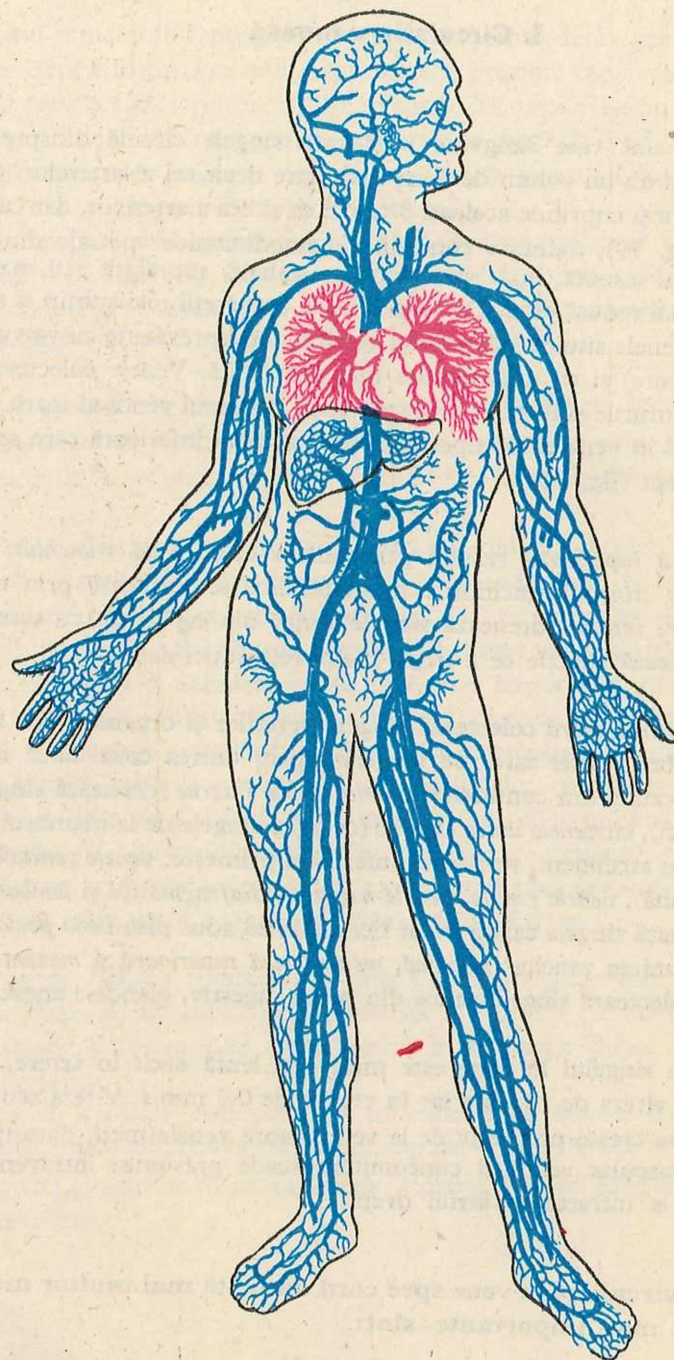


Fig. 81. Identificați principalele vase de sînge, analizînd figura și textul corespunzător.

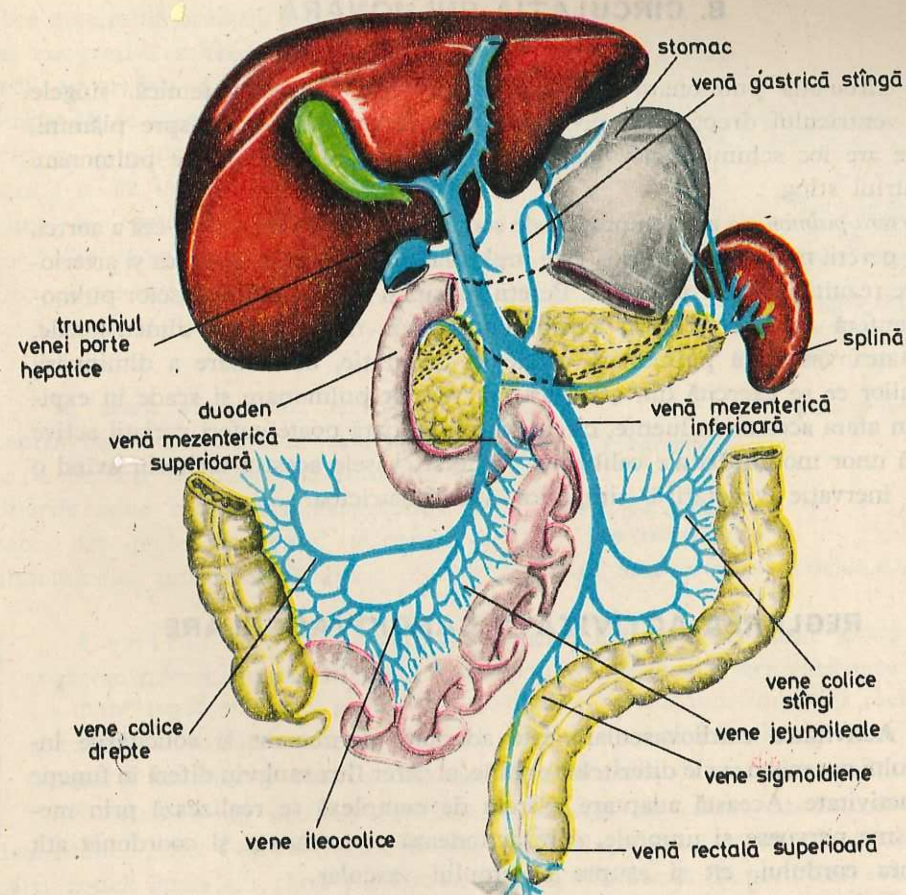


Fig. 82. Sistemul venos port.

— *Contracțiile ventriculare*, trăgînd în jos planșeul atrioventricular, scad presiunea intraatrială și, prin aspirarea sîngelui în atrii, contribuie apreciabil la întoarcerea venoasă.

— *Presiunea sîngelui din capilare* împinge sîngele dinspre venule spre venele mai mari, în care presiunea scade progresiv cu cît se apropie de cord.

— *Pulsațiile arterelor* comprimă venele care se găsesc în vecinătatea lor contribuind, de asemenea, la întoarcerea sîngelui spre cord.

— *Contracția musculaturii scheletice a membrelor* comprimă venele, împingînd sîngele spre cord, deoarece valvulele venoase se opun refluxului sangvin. Acest mecanism are mare importanță în special la nivelul membrelor inferioare împiedicînd staza venoasă și dilatații venoase (varice).

— *Gravitația* favorizează circulația sîngelui în venele situate deasupra cordului și are efect invers asupra celor situate sub cord.

B. CIRCULAȚIA PULMONARĂ

Circulația pulmonară este cuplată în serie cu cea sistemică, sîngele din ventriculul drept fiind propulsat prin artera pulmonară spre plămîni, unde are loc schimbul de gaze, după care revine prin venele pulmonare în atriul stîng.

Artera pulmonară are o suprafață de secțiune aproape identică cu cea a aortei, dar are pereții mult mai subțiri și este mult mai puțin elastică, la fel ca și arteriolele care rezultă prin diviziunea ei. Pereții subțiri și distensibili ai vaselor pulmonare conferă acestui teritoriu posibilitatea unor mari variații dimensionale. Capacitatea vasculară pulmonară crește în inspirație, ca urmare a diminuării presiunilor ce se exercită din afară asupra vaselor pulmonare și scade în expirație. În afara acestor influențe, circulația pulmonară poate suferi variații active datorită unor modificări ale calibrului vascular, vasele acestui teritoriu avînd o bogată inervație vegetativă simpatică vasoconstrictoare.

REGLAREA ACTIVITĂȚII CARDIOVASCULARE

Activitatea cardiovasculară este adaptată permanent la solicitările întregului organism și ale diferitelor organe, al căror flux sangvin diferă în funcție de activitate. Această adaptare extrem de complexă se realizează prin mecanisme nervoase și umorale, care acționează concomitent și coordonat atît asupra cordului, cît și asupra sistemului vascular.

Reglarea nervoasă se realizează prin multiple circuite de *feed-back* negativ, coordonate de centri bulbari, ce sînt influențați de impulsuri provenite din interiorul aparatului circulator și de la alte zone receptoare. Urmărind figura 83, vă reamintiți controlul extrinsec al activității cardiace.

Influențele de la zonele receptoare. **Receptorii** sînt răspîndiți atît în cord, cît și în vasele mari, cei mai importanți fiind cei situați in anumite zone „strategice" din interiorul sistemului cardiovascular („zonele reflexogene"). Ei sînt baro- și chemoreceptori care percep modificările presiunii sau ale compoziției chimice a sîngelui și descarcă impulsuri aferente spre centrii bulbari, determinînd mobilizarea unor mecanisme nervoase și umorale, care tind să corecteze modificările survenite și să normalizeze constantele tulburate.

Baroreceptorii din atrii și ventriculul stîng, artera pulmonară și ramurile ei, și mai ales cei din sinusul carotidian și aortă, stimulați de către variațiile tensiunii arteriale sistemice, modifică activitatea centrilor cardiovasculari bulbo-pontini.

Căile aferente sînt reprezentate de fibre parasimpatice și simpatice. Aferența parasimpatică ajunge prin fibre sensitive ale nervilor vagi și glosofaringieni la centrii bulbo-pontini cardioinhibitor și vasodilatator. Excitarea acestor fibre determină bradicardie, cu scăderea progresivă a tensiunii arteriale, deci, un reflex depresor. Aferența simpatică se face prin fibre ce au originea în ganglionii spinali cervico-dorsali și ale căror prelungiri centrale ajung la centrii medulo-bulbo-pontini, cardioacceleratori și vasopresori. Deci, aceste fibre reprezintă calea aferentă a reflexelor presoare.

În afara aferențelor specifice, centrii bulbo-pontini sînt influențați și de aferențe senzitive provenite din diferite zone receptoare nespecializate din piele, mucoase, viscere abdominale, musculatură etc.

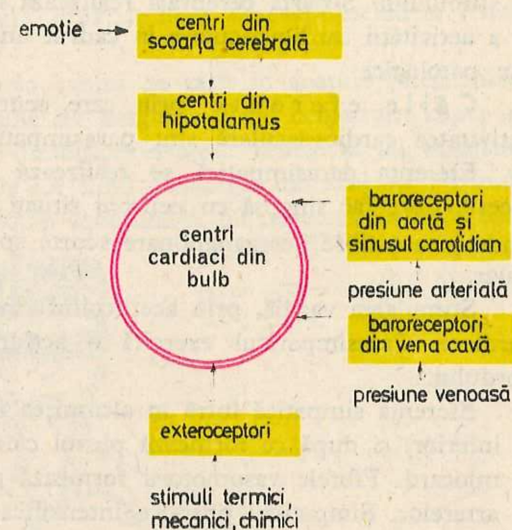


Fig. 83. Schema reglării nervoase a inimii.

Centrii nervoși care coordonează activitatea cordului și vaselor se găsesc în formațiunea reticulară bulbo-pontină. În această structură nervoasă s-a demonstrat existența a două categorii de neuroni, unii implicați esențial în reglarea activității cordului — *centri cardiaci* — și alții implicați în reglarea tonusului vascular — *centri vasomotori*. Gradul mare de suprapunere a celor două categorii de neuroni justifică denumirea de *centru cardiovasomotor* dată acestei zone. Centrul cardiovasomotor bulbo-pontin este format din două părți: zonele laterale, a căror excitare determină stimularea simpaticului, evidențiată prin vasoconstricție și accelerarea frecvenței cordului și o zonă mediană care inhibă activitatea simpaticului, producînd vasodilatație și rărirea frecvenței cordului. Conceput astfel, centrul cardiovasomotor explică producerea modificărilor concomitente și coordonate ale cordului și vaselor, obișnuit tahicardia fiind asociată cu vasoconstricție și bradicardie cu vasodilatație.

— Urmărind schema, constatați că activitatea cardiacă este controlată și de etajele superioare ale nevraxului, asigurîndu-se astfel integrarea în diferitele activități și reacții ale organismului.

Hipotalamusul exercită influențe stimulatoare sau inhibitoare asupra vaselor și inimii. La acest nivel se realizează modificări adaptative complexe, determinate de schimbările temperaturii sau de reacții somatovegetative ale unor acte comportamentale (apărare, alimentație, act sexual etc.).

Sistemul limbic cu care este conectat hipotalamusul intervine în coordonarea modificărilor cardiovasculare, determinate de stările emoționale (frica, mînia, anxietatea etc.).

Scoarța emisferelor cerebrale exercită influențe stimulatoare sau inhibitoare asupra centrilor bulbo-pontini prin intermediul hipotalamusului sau direct, efectele depinzînd de zona corticală stimulată și de intensitatea

stimulului. Scoarţa cerebrală realizează integrarea cea mai fină şi adecvată a activităţii cardiovasculare în cadrul unor modificări adaptative fiziologice sau patologice.

C ă i l e e f e r e n t e prin care centrii cardio- şi vasomotori reglează activitatea cardiovasculară sînt parasimpatice şi simpatice.

Eferenţa parasimpatică se realizează prin fibre preganglionare vagale. Aceste fibre fac sinapsă cu neuroni situaţi în grosimea miocardului atrial, de unde pleacă fibre postganglionare scurte spre nodulii sinoatrial şi atrioventricular.

Stimularea vagală, prin acetilcolină, influenţează negativ toate activităţile cardiace. Parasimpaticul exercită o acţiune inhibitoare permanentă asupra cordului.

Eferenţa simpatică intră în alcătuirea nervilor cardiaci (superior, mijlociu şi inferior) şi, după ce formează plexul cardiac, se distribuie în ţesutul nodal şi miocard. Fibrele vasomotorii formează plexuri în jurul vaselor, în special al arterelor. Simpaticul produce intensificarea tuturor activităţilor cardiace şi vasoconstricţie (excepţie făcînd vasele coronare, cerebrale şi musculare).

R e g l a r e a u m o r a l ă potenţează şi prelungeşte acţiunile realizate de mecanismele neurovegetative şi se datoreşte descărcării ocazionale în circulaţie sau la capătul distal al fibrelor vegetative simpatice şi parasimpatice a unor substanţe care acţionează, de asemenea, concomitent, asupra cordului şi vaselor.

Adrenalina şi *noradrenalina* se descarcă din medulosuprarenale în condiţii de hipotensiune sau cu ocazia unor variate stresuri, iar noradrenalina şi la capătul distal al fibrelor postganglionare simpatice din cord şi vase şi au acţiuni cardioacceleratoare şi vasoconstrictoare; noradrenalina acţionează predominant asupra vaselor, iar adrenalina stimulează în special activitatea cordului.

Hormonul antidiuretic retrohipofizar este denumit şi vasopresină, deoarece, în doze mari, exercită efecte vasoconstrictoare arteriolare.

Acetilcolina, mediatorul chimic al parasimpaticului, eliberată la capătul distal al fibrelor postganglionare colinergice din cord şi vase, produce dilataţia arterelor mici, dar are şi activitate inhibitorie cardiacă.

Intrarea în activitate a unui organ sau ţesut necesită şi o suplimentare adecvată a irigaţiei sale. Aceasta se realizează, în primul rînd, prin factori vasodilatatori locali, consecinţe directe ale intensificării metabolismului: acidoza tisulară, scăderea O_2 şi creşterea CO_2, creşterea temperaturii locale etc.

CIRCULAŢIA LIMFATICĂ

Circulaţia limfatică este o cale derivativă a marii circulaţii, prin care reintră în vene o parte din lichidele interstiţiale. Similar circulaţiei sangvine, circulaţia limfatică are loc în cadrul unui sistem vascular închis care, începe

din ţesuturi prin capilare închise, se colectează în vase din ce în ce mai mari şi, în final, formează două colectoare limfatice mari, care se deschid în venele subclaviculare (fig. 84).

Capilarele limfatice, terminate în „fund de sac" în spaţiile interstiţiale, au o structură asemănătoare cu capilarele sangvine, fiind constituite dintr-un endoteliu foarte permeabil. Vasele limfatice însoţesc venele şi au structură asemănătoare cu a acestora, peretele lor fiind constituit din aceleaşi 3 tunici, dar este mai subţire şi prezintă valvule semilunare. În traiectul lor spre cord

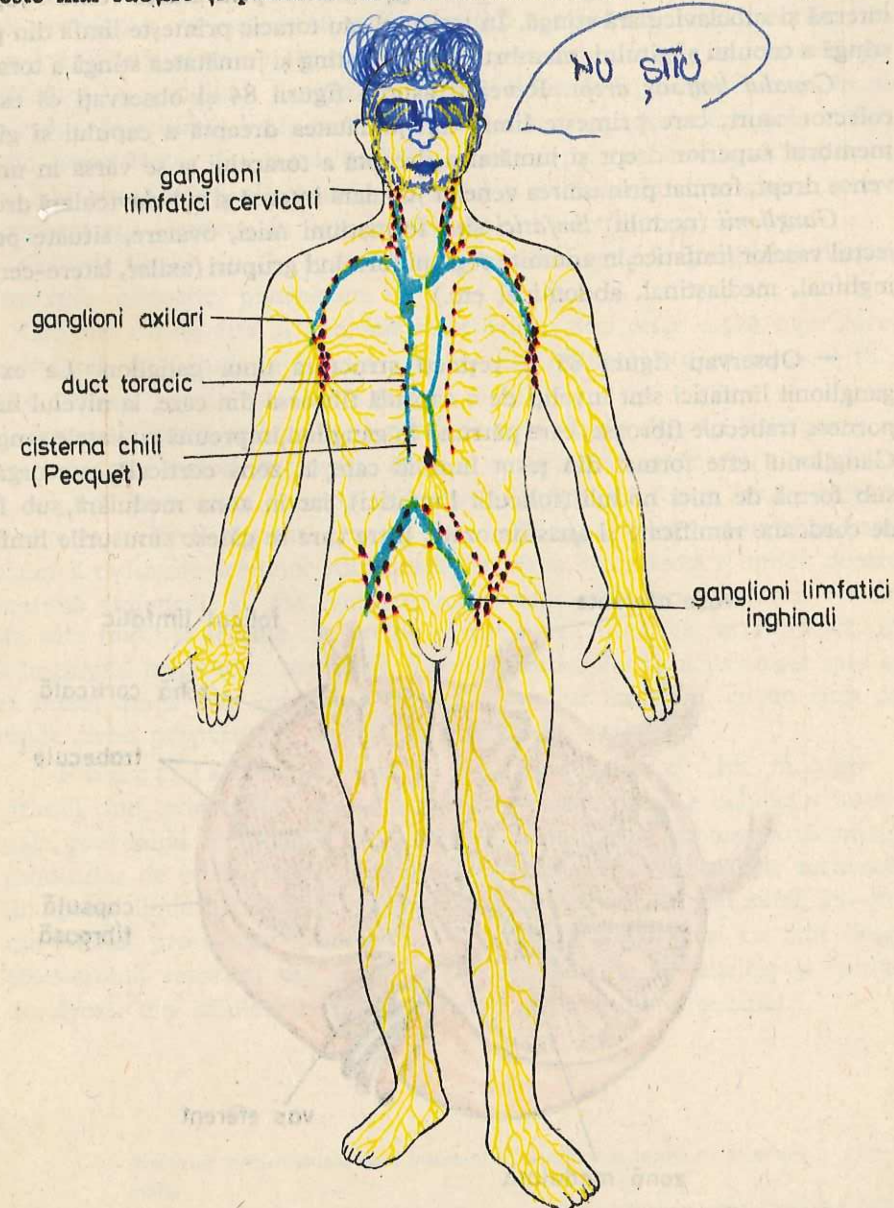


Fig. 84. Sistemul limfatic.

vasele limfatice străbat unul sau mai mulți ganglioni limfatici de unde primesc limfocite și imunoglobuline. În final, vasele limfatice se colectează în două trunchiuri limfatice: canalul (ductul) toracic și canalul limfatic drept.

Canalul toracic. Sesizați, prin observația figurii, că este cel mai mare colector limfatic, începe printr-o porțiune dilatată — *cisterna chili* — în care este drenată limfa din membrele inferioare, peretele abdominal, organele genitale și organele abdominale. Canalul toracic este situat înapoia aortei, străbate diafragmul și se varsă în unghiul venos stîng, constituit prin unirea venelor jugulară internă și subclaviculară stîngă. În traiectul său toracic primește limfa din partea stîngă a capului și gîtului, membrul superior stîng și jumătatea stîngă a toracelui.

Canalul limfatic drept. Reveniți asupra figurii 84 și observați că este un colector scurt, care primește limfa din jumătatea dreaptă a capului și gîtului, membrul superior drept și jumătatea dreaptă a toracelui și se varsă în unghiul venos drept, format prin unirea venelor jugulară internă și subclaviculară dreaptă.

Ganglionii (nodulii) *limfatici* sînt formațiuni mici, ovalare, situate pe traiectul vaselor limfatice, în anumite regiuni formînd grupuri (axilar, latero-cervical, inghinal, mediastinal, abdominal etc.).

— Observați figura 85 și rețineți structura unui ganglion. La exterior ganglionii limfatici sînt înveliți de o capsulă fibroasă din care, la nivelul hilului, pornesc trabecule fibroase, care pătrund în ganglion, împreună cu vasele sangvine. Ganglionul este format din țesut limfoid care, în zona corticală, este organizat sub formă de mici noduli (foliculii limfatici), iar în zona medulară, sub formă de cordoane ramificate și anastomozate, între care se găsesc sinusurile limfatice.

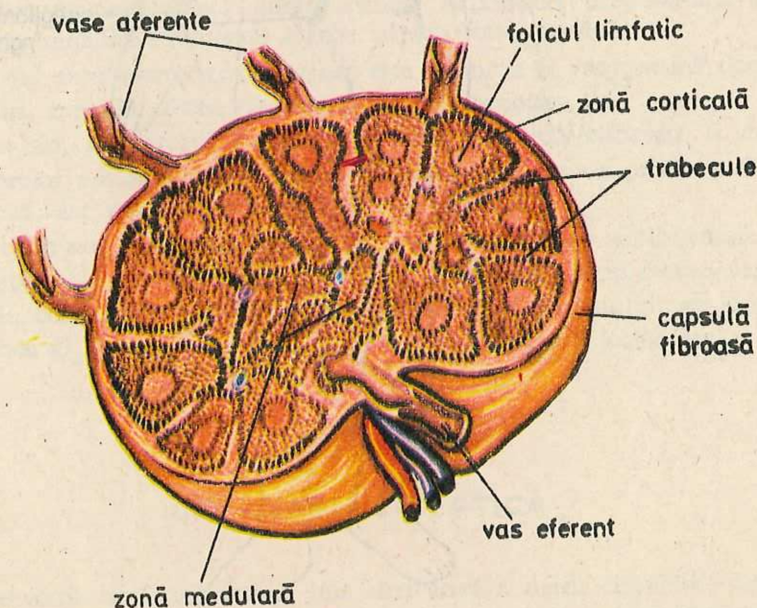


Fig. 85. Secțiune prin ganglionul limfatic.

În apropierea ganglionului vasele limfatice se desfac într-un număr de canale aferente care pătrund în ganglion și se continuă cu unul sau mai multe vase eferente, care părăsesc ganglionul prin hil. Alte organe limfoide sînt: foliculii limfatici solitari (din peretele intestinului), amigdalele, pulpa albă a splinei și timusul.

Compoziția limfei diferă în funcție de teritoriul de unde provine și de starea funcțională a țesutului unde s-a format. Limfa este un lichid incolor, cu o compoziție electrolitică aproape similară cu cea plasmatică, dar cu un conținut proteic doar de aproximativ jumătate față de al plasmei. Concentrația proteinelor variază, astfel limfa hepatică conține mai multe proteine decît cea provenită din membre, iar conținutul proteic al limfei este mai mare după ce a străbătut un ganglion. Conținutul lipidic al limfei în perioadele de inaniție este redus, în schimb, limfa recoltată la 6—8 ore după mesele bogate în lipide are un aspect lăptos din cauza lipidelor absorbite prin celulele mucoasei intestinale. Alți constituenți plasmatici neproteici și neelectrolitici se găsesc în limfă în concentrații similare cu cele plasmatice.

Celulele limfei sînt în special limfocitele adăugate în ganglionii limfatici, foarte rare monocite, plasmocite.

Originea limfei este în lichidele interstițiale; deci, orice cauză care mărește extravazarea de lichide plasmatice în spațiile intercelulare mărește și fluxul limfatic (fluxul normal în 24 ore este de 2—4 l).

Circulația limfei se face de la periferie spre marile ducturi limfatice și este consecința unor factori intrinseci, dar și a unor factori extrinseci, similari celor care asigură întoarcerea venoasă. Circulația limfei este foarte lentă, presiunea este zero la periferie și crește treptat. Mișcările membrelor în timpul mersului, precum și pulsațiile arterelor stimulează circulația ascendentă a limfei, deoarece comprimă limfaticele și, din cauza prezenței valvulelor care împiedică refluxul, limfa este împinsă înainte. Intervine și presiunea negativă intratoracică, mai ales în timpul inspirației, stimulînd fluxul limfatic. Factorul principal care asigură fluxul limfei este contracția ritmică a vaselor limfatice, cu un ritm care depinde direct proporțional de volumul limfei din vase.

Funcțiile sistemului limfatic sînt multiple. În primul rînd, prin limfatice este drenată o anumită parte a lichidelor interstițiale, prevenind acumularea de lichide extracelulare și creșterea concentrației produșilor de catabolism. Limfa readuce în circulație proteinele extravazate (în special limfa hepatică și intestinală), acestea reprezentînd zilnic 25—50% din totalul proteinelor plasmatice. Transportă acizii grași cu lanț lung și colesterolul, resorbiți din intestin, precum și anumite enzime și hormoni descărcați din celulele secretoare direct în lichidul interstițial.

TEME

— Precizați mecanismele care intervin în menținerea tensiunii arteriale la valori normale.
— Explicați de ce inima funcționează neîntrerupt toată viața, fără să obosească.

EXCREȚIA RENALĂ

Metabolismul celular produce CO_2 și anumite substanțe finale, provenite în special din catabolismul proteic; aportul exogen poate și el realiza cantități excesive de anumiți constituenți (apă, NaCl, diferite săruri minerale etc.), care trebuie eliminate. Plămînii elimină CO_2 și alte substanțe volatile, iar substanțele nevolatile, inutilizabile sau în exces, sînt eliminate, împreună cu o anumită cantitate de apă, în cea mai mare parte prin rinichi și, accesoriu, prin sudoare și materii fecale. Prin eliminarea substanțelor nevolatile, rinichiul reprezintă principalul organ care menține constant volumul, concentrația electrolitică și reacția chimică a lichidelor organismului. Dar rinichiul mai are și alte activități: prin secreția de renină contribuie la reglarea tensiunii arteriale, prin eritropoietină controlează eritropoieza, iar prin schimburile ionice contribuie la menținerea echilibrului acido-bazic etc.

APARATUL EXCRETOR

— Observați pe mulaj, figura 86 sau pe diapozitiv, componentele aparatului excretor:

— rinichi, organe de excreție

— căi urinare:
- — calice: mici, mari
- — pelvis renal
- — ureter
- — vezică urinară
- — uretră

RINICHII

Sînt organe pereche, situate retroperitoneal, de o parte și alta a coloanei vertebrale lombare.

— Observați materialul pregătit pentru disecție; veți constata că rinichiul are formă caracteristică, circa 300 g, două fețe (anterioară și posterioară) și

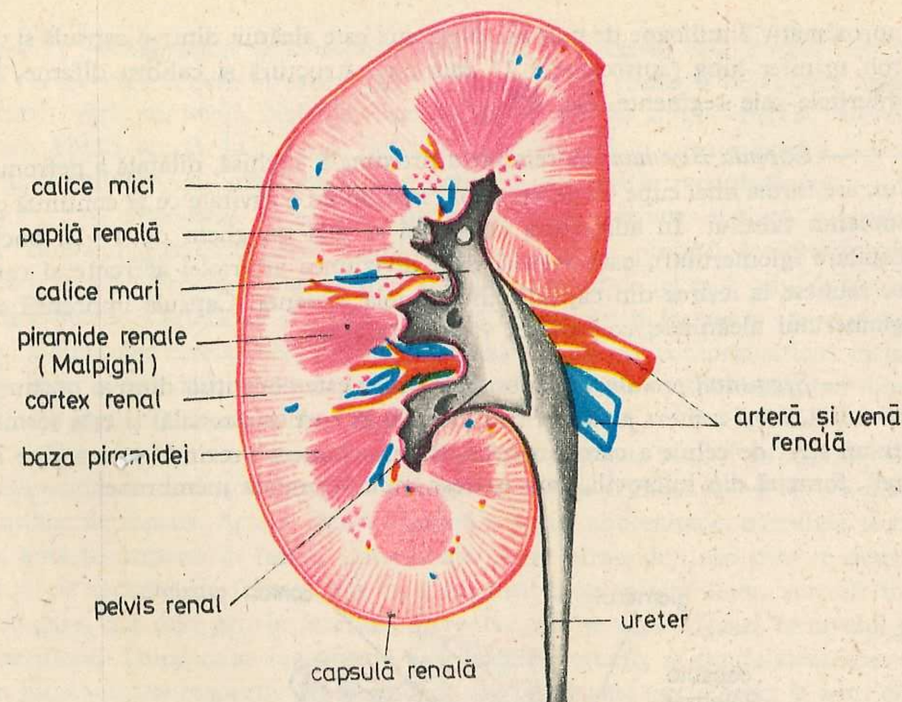


Fig. 86. Secțiune longitudinală prin rinichi.

două margini (laterală, convexă și medială, concavă). În zona marginii concave se găsesc *hilul* și *pediculul renal* în care se văd vasele renale (artera și vena), ureterul și fibre nervoase vegetative.

— Secționînd rinichiul în lungul liniei mediane, din partea convexă spre cea concavă, pînă obțineți două jumătăți egale, veți observa (cu ochiul liber sau cu lupa):

— papilele și calicele renale — formațiuni membranoase prin care se scurge urina;

— parenchimul renal, cu structură zonală: corticală și medulară.

Zona corticală — formată în principal din glomeruli, tubi uriniferi și vasele de sînge care le aparțin.

Zona medulară — conține 6—18 piramide renale (Malpighi), formate din tubi colectori care drenează mai mulți nefroni. Piramidele sînt orientate cu baza spre periferie și vîrful spre sinusul renal, deschizîndu-se în papilele renale; acestea se deschid în calicele mici care confluează formînd calicele mari (2—3) și apoi pelvisul renal (bazinet), continuat cu ureterul. O piramidă Malpighi cu substanța corticală din jurul său formează un *lob renal*.

— Din rinichiul disecat, faceți secțiuni foarte subțiri, priviți-le la microscop și observați aspectul unor componente ale nefronului.

Nefronul — unitatea morfofuncțională renală — îndeplinește toate procesele complexe care au ca rezultat formarea urinii. Rinichii omului conțin

aproximativ 2 milioane de nefroni. Nefronul este alcătuit dintr-o capsulă și un tub urinifer lung (aproximativ 15 mm), cu structură și calibru diferite, în diferitele sale segmente (fig. 87).

— *Capsula Bowman*, extremitatea proximală, închisă, dilatată a nefronului, are forma unei cupe cu pereți dubli, mărginind o cavitate ce se continuă cu lumenul tubului. În adîncitura capsulară se află un ghem de 4—12 bucle capilare (glomerulul), care rezultă prin diviziunea arteriolei aferente și care se reunesc la ieșirea din capsulă, în arteriola eferentă. Capsula împreună cu glomerulul alcătuiesc *corpusculul renal Malpighi*.

— *Segmentul proximal* al tubului urinifer este constituit dintr-o porțiune contortă, *tubul contort proximal* (care se află în corticala renală) și este format dintr-un strat de celule a căror membrană, spre lumen, prezintă o „margine în perie", formată din microvili, care măresc mult suprafața membranei.

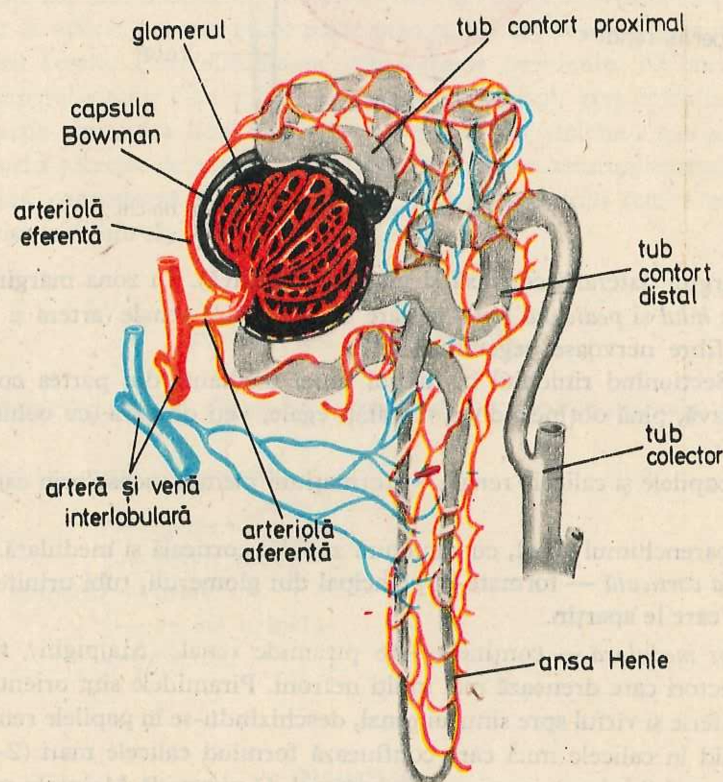


Fig. 87. Nefronul.

— *Segmentul intermediar* (ansa Henle), subțire, este format din două brațe (descendent și ascendent), unite între ele printr-o buclă; are epiteliul turtit, fără microvili. Nefronii care au glomerulii în zona corticală externă au ansa Henle scurtă, în timp ce nefronii cu glomeruli în zona internă a corticalei (juxtamedulari) au ansa lungă, care coboară profund în medulară.

— *Segmentul distal* este format dintr-o porțiune dreaptă, ascendentă, care ajunge în corticală în vecinătatea glomerulului propriu, în imediat contact cu arteriola aferentă. La acest nivel epiteliul tubular, la fel ca și celulele musculaturii netede a arteriolei aferente, prezintă modificări și formează aparatul juxtaglomerular care secretă *renină*. Urmează o porțiune contortă situată în întregime în corticală. Mai mulți tubi distali se unesc și se deschid în tubul colector din structura piramidelor Malpighi.

Vascularizația renală, care se poate urmări în figura 87, pe diapozitiv sau mulaj, este extrem de bogată, rinichii primind 20—25% din debitul cardiac de repaus. Artera renală, ramură a aortei abdominale, pătrunde prin hil și apoi se împarte în ramuri interlobare (între piramide), din care se desprind arterele arcuate, ce formează o ansă în jurul bazei piramidelor, arterele interlobulare, din care provin arteriole aferente, care se capilarizează la nivelul glomerulului. După ce se regrupează în arteriole eferente, se capilarizează din nou în jurul tubului respectiv (în medulară), formează anse (se reîntorc în zona corticală) și se deschid în venele arcuate. Venele, avînd un traiect aproape asemănător cu cel al arterelor, se colectează în vena renală care se deschide în vena cavă inferioară.

Inervația renală provine din plexul situat în hilul organului, format în majoritate din fibre simpatice, dar și din cîteva fibre parasimpatice venite prin nervul vag. Fibrele nervoase, situate perivascular se distribuie celulelor musculare din peretele arteriolar și componentelor tubulare.

FORMAREA URINII

Mecanismul de formare a urinii cuprinde trei procese fundamentale: ultrafiltrarea plasmei la nivel glomerular, reabsorbția și secreția anumitor constituenți în tubi (fig. 88).

1. Ultrafiltrarea glomerulară este un proces dirijat de forțe fizice, în urma căruia aproximativ 1/5 din cantitatea de plasmă care irigă rinichii trece prin membrana filtrantă glomerulară, extrem de subțire, în cavitatea capsulară. Membrana filtrantă nu se comportă ca o membrană inertă, ci, prin proprietățile ei fizico-chimice, permite trecerea selectivă doar a unor constituenți și blochează trecerea altora. Ultrafiltratul glomerular (urina primară) are o compoziție electrolitică identică cu cea a plasmei, dar este lipsit de proteine; deci, este o plasmă deproteinizată. Ultrafiltrarea glomerulară este rezultatul presiunii efective de filtrare, care se exercită la nivelul

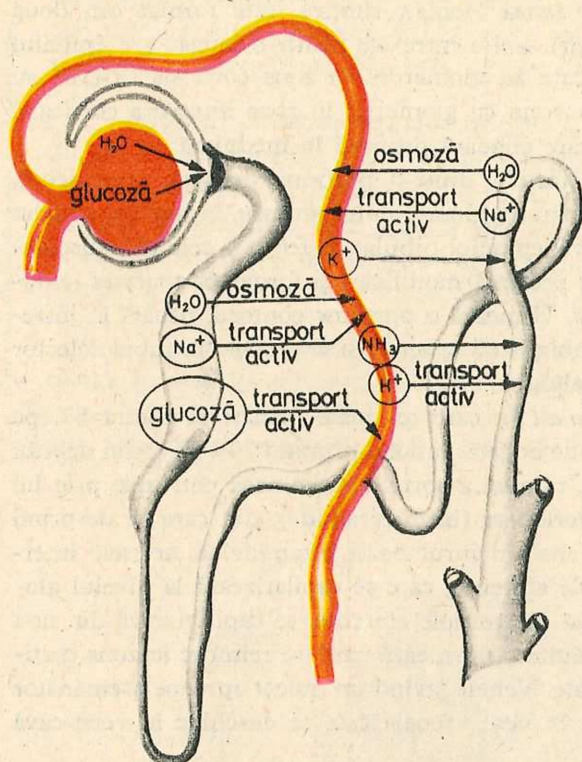


Fig. 88. Schema reprezintă procesul de formare a urinii prin filtrare, reabsorbție și secreție tubulară. Urmăriți pe schemă substanțele care se filtrează, se reabsorb și sînt secretate la nivelul componentelor nefronului.

capilarelor glomerulare și reprezintă suma algebrică a unor presiuni care controlează schimburile lichidiene la nivelul tuturor capilarelor din organism.

— Urmărind datele din tabel veți constata că ultrafiltratul plasmatic (urina primară), străbătînd diferitele segmente tubulare, suferă profunde modificări cantitative și calitative, ca urmare a unor intense procese de reabsorbție și secreție.

Constituent	Filtrare	Reabsorbție	Secreție	Excreție
Apă (l)	170	168,5	—	1,5
Na^+ (mEq/l)	26 000	25 850	—	150
K^+ (mEq/l)	900	900	100	100
Cl^- (mEq/l)	18 000	17 850	—	150
Uree (moli)	870	460	—	410
Creatinină (moli)	12	1	1	12
Ac. uric (moli)	50	49	4	5
Glucoză (moli)	800	800	—	0

— Sesizați că la nivelul tubilor au loc procese extrem de active, anumiți constituenți ai ultrafiltratului fiind reabsorbiți complet (glucoza etc.), sau doar parțial (Na^+, Cl^-, uree etc.), alții fiind adăugați prin secreție (acid uric, creatinină etc.) și alții fiind inițial reabsorbiți și apoi secretați (K^+).

2. Reabsorbția tubulară este procesul prin care sînt recuperate anumite substanțe utile organismului din ultrafiltratul glomerular, menținîndu-se astfel homeostazia lor plasmatică. Procesul este selectiv, în sensul că se realizează maximal pentru fiecare substanță într-un anumit segment tubular prin acțiunea unor mecanisme celulare specifice, fiind condiționat de debitul substanței respective și de necesitățile organismului. Reabsorbția (transportul) diferitilor constituenți din ultrafiltrat se face activ și pasiv.

Transportul activ se realizează contra unor gradiente de concentrație sau electrice, necesitînd un consum de energie furnizată prin hidroliza ATP. Mecanismele de transport activ au o capacitate limitată pe unitatea de timp și intervin în reabsorbția glucozei, anumitor aminoacizi, acidului uric, unor vitamine (B_{12}, C), fosfaților anorganici, sulfaților, ca și a principalilor ioni ai ultrafiltratului (Na^+, K^+, HCO_3^- etc.).

Transportul pasiv se face sub acțiunea unor gradiente fizico-chimice, nu necesită consum energetic, nu este limitat de o capacitate maximă și contribuie la reabsorbția a 3 constituenți principali ai ultrafiltratului: apa, ureea și Cl^-. Apa se reabsoarbe în toate segmentele tubului, cu intensități diferite, pe baza legilor difuziunii și osmozei, astfel încît din cei 125 ml filtrați glomerular pe minut, în vezică ajunge numai 1 ml/min. În tubul contort și mai ales în cel colector se realizează reabsorbția facultativă a apei și Na^+ sub controlul ADH și aldosteronului, ajustîndu-se eliminările urinare în funcție de starea de hidratare a organismului.

3. Secreția tubulară este procesul invers celui de reabsorbție, transportînd anumite substanțe din capilarele peritubulare în lumenul tubului. Are rolul de a elimina atît substanțele străine organismului, cît și substanțele prezente obișnuit în sînge (K^+, acid uric etc.), unele numai cînd se află în concentrații mari (creatinină). Se realizează activ și pasiv.

Secreția activă, avînd sediul exclusiv la nivelul tubului proximal, se face împotriva unor gradiente electrochimice și de aceea necesită un consum energetic ridicat (secreția de H^+). Prin eliminarea H^+, tubii dețin un rol fundamental, în menținerea echilibrului acido-bazic al organismului.

Secreția pasivă implică transportul unor constituenți în sensul gradientelor de concentrație și de aceea nu necesită consum energetic direct. Acest mecanism intervine în secreția K^+, a bazelor și acizilor slabi.

REGLAREA ACTIVITĂȚII RENALE

Se face pe cale nervoasă (activitatea glomerulară) și pe cale umorală (activitatea tubulară).

Reglarea nervoasă se realizează prin fibrele vegetative care se distribuie arteriolelor, glomerulului și tubilor. Sistemul vegetativ nu contribuie

direct la controlul elaborării urinii, ci doar indirect prin influențarea condițiilor de irigație renală. De altfel, se știe că rinichiul denervat și chiar transplantat continuă să functioneze aproape normal. Stimularea nervilor renali și a unor zone presoare din bulb, hipotalamus și scoarța cerebrală determină vasoconstricție renală și scăderea diurezei pînă la anurie. Stimularea nervilor vegetativi renali produce și scăderea eliminărilor urinare de Na^+ prin creșterea reabsorbției tubulare a ionului.

— Reamintiți-vă de la studiul sistemului endocrin, mecanismul de intervenție al unor hormoni la nivel renal.

Reglarea umorală considerată a deține rolul principal se realizează de către mai mulți hormoni. *Hormonul antidiuretic (ADH)*, secretat de nucleii hipotalamici și eliberat din neurohipofiză, controlează eliminările urinare de apă, acționînd la nivelul segmentului distal al nefronului. Sub acțiunea ADH crește reabsorbția de apă în tubii distali și colectori, concomitent cu diminuarea volumului și creșterea concentrației urinii.

Mineralocorticoizii, în special aldosteronul, controlează eliminările urinare de Na^+ și K^+ la nivelul segmentului distal al nefronului, stimulînd reabsorbția Na^+ și excreția K^+.

Parathormonul mobilizează sărurile minerale din oase, stimulează eliminările renale de fosfați, K^+ și reține Ca^{2+} și Na^+. *Hormonii tiroidieni* intensifică metabolismul celular, în special pe cel protidic și, prin creșterea generării de produși finali de metabolism, măresc diureza, același efect avînd și alterarea legării apei și a sării în țesuturi.

Rinichiul, în condiții de irigație insuficientă sau, ca urmare a unor modificări ale compoziției chimice a urinii ajunsă în tubii distali, descarcă o enzimă — *renina* — care, acționînd asupra unei globuline plasmatice, produce *angiotensina I*, care se transformă enzimatic în plasmă și țesuturi în *angiotensină II*, cel mai puternic vasoconstrictor natural și stimulator al secreției de aldosteron. La nivel renal, angiotensina II, acționînd asupra musculaturii arteriolelor glomerulare, modifică intens rata filtrării și prin aldosteron influențează eliminările urinare de Na^+ și K^+.

MICȚIUNEA

Urina elaborată de rinichi ajunge prin tubii colectori la nivelul papilelor, umple calicele și bazinetul, apoi, prin contracția acestora, este eliminată în ureter. Prin unde de contracție urina este transportată de-a lungul ureterului pînă în vezica urinară.

Vezica urinară este un organ cavitar muscular în care se acumulează urina între micțiuni. Urina, descărcată în jeturi prin cele două orificii ureterale, nu poate reflua în uretere, din cauză că acestea au un traiect oblic în peretele vezical și nici nu se poate scurge prin uretră, deoarece colul vezical este prevăzut cu două sfinctere, unul neted, involuntar, care înconjură începutul uretrei și celălalt striat, controlat voluntar.

Vezica urinară are proprietatea de a-și mări capacitatea în timpul umplerii, fără modificări importante ale tensiunii pereților și ale presiunii intravezicale. Această proprietate, denumită plasticitate, este rezultatul unei adaptări a tonusului musculaturii vezicale la creșterea conținutului. Înregistrarea presiunii intravezicale a arătat că, după o ușoară creștere inițială la primele jeturi de urină, presiunea înregistrează un platou în tot timpul umplerii vezicale pînă la volumul de 300—400 ml, cînd are loc o creștere bruscă a presiunii și este declanșată micțiunea reflexă cînd împrejurările permit. Prima senzație de plenitudine vezicală este percepută la un volum de 100—150 ml, la 150—200 ml este resimțită prima dorință de micționare, iar peste capacitatea fiziologică vezicală (250—400 ml) apar contracții puternice ale musculaturii peretelui vezical, care determină senzația necesității imperioase de a urina.

— Observați cu atenție figura 89 și veți înțelege procesul micțiunii ca fiind rezultatul unor reflexe declanșate de distensia pereților vezicali. Impulsurile aferente sînt transmise unui centru lombar (simpatic), de unde se descarcă impulsuri eferente care, prin fibrele postganglionare (cu originea în ganglionul celiac) ce se alătură fibrelor hipogastrice, inhibă contracțiile, relaxează mușchii vezicali și întăresc tonusul sfincterului neted al colului vezical. Concomitent distensia vezicală declanșează impulsuri, care, ajunse la măduvă pe calea nervilor rușinoși, sînt conduse apoi pe căi aferente nespecifice spre centrii nervoși superiori, ajungînd pînă la nivelul scoarței cerebrale, determinînd senzația necesi-

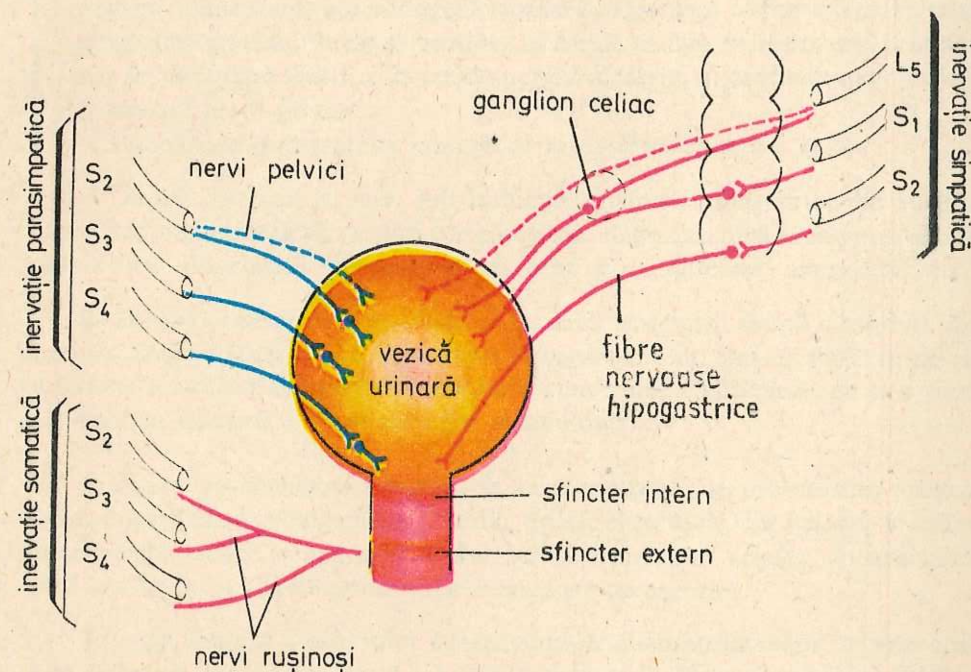


Fig. 89. Inervația vezicii urinare

tăţii de a urina. Dacă micţiunea nu este posibilă, impulsurile pornite de la cortex, prin centrii medulari, inhibă tonusul muşchiului vezical, concomitent măresc tonusul sfincterului extern, mărind continenţa vezicală. Dacă condiţiile permit are loc micţiunea.

Reflexul micţiunii este declanşat de distensia vezicală, impulsurile ajung pe fibre aferente din nervii pelvici la un centru sacrat parasimpatic al micţiunii, de unde se descarcă impulsuri, care tot prin fibre ale nervilor pelvici produc contracţia musculaturii vezicii şi relaxarea sfincterului intern al colului vezical. Concomitent are loc relaxarea voluntară a sfincterului extern striat şi urina începe să se evacueze din vezică. Procesul evacuării este ajutat şi de contracţia musculaturii abdominale şi a diafragmului, care, crescînd presiunea intraabdominală, comprimă vezica. Reflexul medular al micţiunii este controlat de numeroşi centri nervoşi supramedulari cu rol facilitator sau inhibitor.

TEME

— Prezentaţi rolul excreţiei în menţinerea homeostaziei hidrosaline.
— Alcătuiţi un model schematic prin care să prezentaţi mecanismul reflex al micţiunii.

METABOLISMUL

Termenul de metabolism defineşte transformările biochimice şi energetice care au loc în organismele vii. Metabolismul este constituit din două procese antagoniste, strîns corelate: *anabolismul*, care constă în sinteza unor constituenţi structurali sau de rezervă realizată cu consum energetic şi *catabolismul*, caracterizat prin procese de degradare a unor constituenţi structurali sau a unor compuşi chimici intermediari cu eliberare consecutivă de energie. Aceste procese metabolice sînt catalizate de sisteme enzimatice specifice şi au mecanisme proprii de control, de aceea se desfăşoară simultan. Energia necesară diferitelor activităţi celulare este eliberată prin procese de oxidoreducere ce au loc permanent în celule. Substanţele energetice catabolizate în celule sînt de provenienţă exogenă (alimentară) sau endogenă (tisulară). Oxidarea diferitelor substraturi energetice (glucide, lipide şi protide) în celule se face prin procese complexe care se desfăşoară lent şi eliberează energia succesiv, în cantităţi mici, utilizate pe măsură ce se produc.

Catabolismul substanţelor energetice se desfăşoară în trei etape:

1. *Etapa digestivă* în care, sub influenţa enzimelor hidrolitice din sucurile digestive, constituenţii alimentari complecşi sînt degradaţi pînă la compuşi simpli, nespecifici, absorbabili (monozaharide, acizi graşi, glicerol, aminoacizi etc.);

2. *Etapa metabolizării incomplete*, în care compuşii simpli absorbiţi din intestin, împreună cu compuşii similari ai organismului, sînt catabolizaţi pe căi specifice, rezultînd compuşi intermediari, concomitent eliberîndu-se şi o parte din energia chimică a constituenţilor catabolizaţi;

3. *Etapa metabolizării complete*, în care compuşii de provenienţă exogenă sau endogenă ai metabolismului glucidic, lipidic şi protidic sînt oxidaţi, în cadrul unor reacţii ciclice, constituind ciclul Krebs sau ciclul acizilor tricarboxilici, pînă la CO_2 şi H_2O, eliberînd o mare cantitate de energie.

Energia chimică a diferiţilor constituenţi catabolizaţi în celule nu este utilizată direct, ci este înmagazinată sub formă de legături fosfat macroergice (legături esterice între acidul fosforic şi anumiţi compuşi organici), care se desfac cu uşurinţă eliberînd o mare cantitate de energie. Dintre compuşii fosfat macroergici cel mai răspîndit şi mai bine studiat este ATP, un adevărat acumulator energetic

prezent în toate celulele, care eliberează, prin hidroliză, energie necesară contracției musculare, secreției glandulare, transportului activ prin membrane, diferitelor sinteze etc.

Totalitatea transformărilor suferite în organism de diferiți constituenți de proveniență exogenă (alimentară) sau endogenă (tisulară) pînă la produși finali nemetabolizabili poartă denumirea de *metabolism intermediar*.

METABOLISMUL INTERMEDIAR PROTIDIC

Proteinele dețin roluri de maximă importanță, fiecare țesut sau celulă fiind caracterizat printr-un anumit tip structural de proteină care intră în constituția citoplasmei, organitelor și membranei celulare. În afara rolului structural, proteinele au și roluri funcționale fundamentale, catalizînd anumite procese biochimice (proteinele-enzime), reglînd diferite activități (hormonii proteici), sau exercitînd diferite acțiuni de importanță biologică majoră ca, de exemplu, transportul gazelor respiratorii (hemoglobina), apărarea antimicrobiană și antivirală (anticorpii), coagularea sîngelui (factorii plasmatici ai coagulării) etc. De asemenea, în carențele alimentare, proteinele sînt utilizate și ca material energetic, catabolismul a 1 g proteine furnizînd 4,1 calorii.

Proteinele alimentare sînt scindate hidrolitic pînă la aminoacizi, sub acțiunea enzimelor proteolitice din sucurile digestive. Aminoacizii rezultați sînt resorbiți din intestin și, pe cale portală, ajung la ficat, unde sînt metabolizați în proporții variabile între 20—80%, restul străbat ficatul și ajung în circulația sistemică, de unde sînt extrași și utilizați de țesuturi.

Ficatul deține rolul principal atît în metabolismul aminoacizilor de proveniență alimentară cît și al celor de origine tisulară, care împreună constituie un fond metabolic comun. Parte din aminoacizi sînt utilizați de ficat pentru sinteza și remanierea proteinelor proprii structurale, parte pentru sinteza unor proteine funcționale necesare întregului organism (albumine plasmatice, factori ai coagulării, anticorpi, enzime etc.) și o anumită cotă de aminoacizi este descărcată în circulația sistemică, menținînd concentrația plasmatică totală a aminoacizilor la valori cuprinse între 35—65 mg/100 ml.

Catabolismul aminoacizilor constă în special în *dezaminare*, proces care se poate realiza pe mai multe căi, cea mai importantă fiind dezaminarea oxidativă, care are loc în ficat. Rezultatul dezaminării este un cetoacid și amoniacul.

Cetoacidul care rezultă poate urma mai multe căi metabolice:

— sinteza de noi aminoacizi prin procesul de *transaminare*, adică de transfer al grupării aminice desprinsă de pe un aminoacid pe un alt cetoacid, proces care are loc în multe țesuturi, fiind catalizat de transaminaze; în organism pe această cale se pot sintetiza toți aminoacizii pentru care există cetoacizii corespunzători, dar nu și aminoacizii pentru care nu există asemenea cetoacizi și care trebuie deci să fie aduși în organism prin alimentație; de aceea se numesc aminoacizi *esențiali*;

— intrarea în ciclul Krebs și oxidarea completă pînă la CO_2 și H_2O, cu eliberarea concomitentă de energie;

— intrarea în ciclul Krebs, după transformarea într-unul din constituenții acestuia și parcurgerea retrogradă a reacțiilor acestui ciclu, ajungîndu-se la sinteza de glucoză; această cale, care constituie *gluconeogeneza*, reprezintă calea de legătură dintre metabolismul protidic și cel glucidic și este accesibilă aminoacizilor denumiți *glucoformatori*. Procesul de gluconeogeneză, care are loc doar în ficat și rinichi, are o eficiență redusă, prin catabolizarea aminoacizilor din 100 g proteină rezultînd aproximativ 58 g glucoză;

— sinteza corpilor cetonici este calea metabolică a cetoacizilor, denumiți de aceea aminoacizi *cetogeni*. Sintetizați în ficat, corpii cetonici sînt descărcați în circulație, de unde sînt extrași de celule, fiind utilizați ca material energetic sau pentru sinteze de acizi grași.

Amoniacul, rezultat al dezaminării tisulare și hepatice a aminoacizilor, precum și cel care rezultă din catabolismul intestinal al aminoacizilor sub acțiunea enzimelor bacteriene, fiind o substanță toxică, este rapid neutralizat, în special de către ficat. Cea mai mare parte a NH_3 este combinat cu CO_2 la nivelul ficatului, rezultînd uree (ureogeneză), produs terminal al catabolismului proteic, care este eliminat prin urină. În anumite țesuturi (sistem nervos, ficat) NH_3 este combinat cu acidul glutamic, rezultînd *glutamina* — compus netoxic, care se desface ușor, eliberînd NH_3 necesar diferitelor reacții metabolice. De asemenea, parte din NH_3 este utilizat pentru reaminarea cetoacizilor și sinteza de noi aminoacizi.

Aminoacizii sînt catabolizați și prin *decarboxilare*, sub acțiunea unor enzime specifice ale florei intestinale. Procesul care are amploare în special atunci cînd ajung în colon cantități crescute de proteine nedigerate, generează amine, unele de importanță biologică deosebită.

Creatina și creatinina sînt, de asemenea, produși ai metabolismului protidic, creatina fiind sintetizată de ficat și depusă în cea mai mare parte în musculatură și în mai mică măsură în țesutul nervos, iar creatinina fiind produsul final de catabolism al creatinei. În mușchiul scheletic creatina se află combinată cu acidul fosforic sub formă de fosfocreatină (FC), datorită energiei furnizată de ATP, iar în timpul contracției musculare desfacerea legăturii fosfat macroergice a FC furnizează energia necesară refacerii ATP.

Reglarea metabolismului protidic este realizată, în primul rînd, de corelațiile dintre anumiți factori intracelulari, asupra cărora acționează diferiți hormoni, dintre care unii stimulează sinteza de proteine din aminoacizi (hormonii anabolizanți) și alții intensifică degradarea proteinelor în aminoacizi (hormonii catabolizanți).

Hormonii anabolizanți mai importanți sînt: somatotropul hipofizar, insulina, hormonii sexuali. Reamintiți-vă funcția lor!

Hormonii catabolizanţi mai importanţi sînt: corticotropina hipofizară, glucocorticoizii suprarenalieni, care acţionează stimulînd degradarea aminoacizilor şi gluconeogeneza, şi hormonii tiroidieni, cînd sînt secretaţi în cantităţi crescute.

Reţineţi că, în organismul adultului normal există un echilibru dinamic între procesele de anabolism şi catabolism protidic. În schimb, în perioada de creştere predomină procesele anabolice, ceea ce are ca rezultat acumularea de proteine, iar în perioada de senilitate predomină procesele de catabolism protidic, avînd ca urmare scăderea stocului de proteine.

METABOLISMUL INTERMEDIAR GLUCIDIC

Glucidele sînt, în primul rînd, substanţe energetice, reprezentînd combustibilul preferenţial al tuturor celulelor, pentru că se oxidează total iar produşii lor finali (CO_2 şi H_2O) sînt netoxici şi pot fi uşor eliminaţi din organism. Prin oxidarea lor glucidele furnizează obişnuit peste 65% din energia totală consumată de organism.

Monozaharidele (hexoze şi pentoze) se resorb din intestin în totalitate şi pe cale portală ajung la ficat. Ficatul utilizează aceste substanţe pentru completarea rezervelor glicogenice *(glicogenogeneză)*, pentru sinteza de lipide *(lipogeneză)* sau pentru alte sinteze de compuşi cu rol structural sau funcţional. Surplusul de glucoză este descărcat în circulaţia sistemică, determinînd creşteri uşoare şi temporare ale glicemiei — hiperglicemia postprandială.

Metabolismul intermediar al glucozei constă dintr-o serie de procese intim corelate: *oxidarea tisulară*, depunerea excesului de glucoză ca rezerve *(glicogenogeneză* şi *lipogeneză)*, iar în cazul unui aport insuficient, sinteza de glucoză din materiale neglucidice *(gluconeogeneză)* şi eliberarea glucozei prin hidroliza glicogenului *(glicogenoliză)*.

a. Oxidarea celulară reprezintă principala cale de metabolizare a glucozei şi se desfăşoară în două etape succesive: prima are loc în anaerobioză *(glicoliza)* şi are ca produs final acidul piruvic, care în condiţii de hipoxie se transformă reversibil în acid lactic, iar cea de a doua etapă, care se desfăşoară în prezenţa O_2, constă în oxidarea acetilcoenzimei A, rezultată din acidul piruvic, în ciclul Krebs, pînă la CO_2, H_2O şi E.

Glucoza oxidată în celule provine fie din degradarea glicogenului propriu, fie din sîngele care perfuzează ţesutul respectiv. Degradarea anaerobă eliberează o cantitate de energie, suficientă doar pentru sinteza a două legături fosfat macroergice de ATP, în timp ce oxidarea completă în cadrul ciclului Krebs eliberează o cantitate de energie din care se sintetizează 38 legături fosfat macroergice. Se admite că oxidarea completă a 1 g glucoză eliberează 4,1 calorii.

În afara acestei căi principale de degradare, glucoza mai poate fi metabolizată în celule şi pe alte căi, servind la sinteza unor produşi de mare importanţă biologică.

b. *Glicogenogeneza*, sinteza de glicogen din glucoză (în ficat şi din fructoză şi galactoză), serveşte la realizarea rezervelor glicogenice celulare. Ficatul sintetizează şi depune glicogen în timpul absorbţiei intestinale, iar celelalte ţesuturi, în cursul hiperglicemiei postprandiale.

c. *Glicogenoliza* constă în degradarea glicogenului celular, prin desprinderea gradată a moleculelor de glucoză, sub acţiunea unor enzime specifice. Prin liza glicogenului, ficatul furnizează glucoză pentru întreg organismul, în timp ce în alte celule glicogenoliza este urmată de consumul intracelular al glucozei eliberate pentru diferitele necesităţi metabolice.

d. *Gluconeogeneza*, sinteza de glucoză din produşi neglucidici ai metabolismului intermediar, este caracteristică ficatului şi rinichiului. Sinteza de glucoză se face din cetoacizii rezultaţi prin dezaminarea aminoacizilor, acid lactic sau piruvic, glicerol etc. Acizii graşi, care nu pot fi transformaţi direct în glucoză, prin oxidarea lor în ficat furnizează energia necesară desfăşurării proceselor de gluconeogeneză. În condiţii de inaniţie, gluconeogeneza reprezintă unica sursă de glucoză a organismului.

e. *Lipogeneza* din glucoză se produce în condiţiile unui aport glucidic exagerat şi reprezintă cauza cea mai frecventă a obezităţii. Această cale de metabolizare a glucidelor este posibilă, deoarece reacţiile de degradare a glucozei sînt conectate cu cele ale sintezei de glicerol şi acizi graşi.

Glicemia şi mecanismele de reglare a metabolismului glucidic. Concentraţia sangvină a glucozei variază între 90—120 mg/100 ml sînge şi este una dintre principalele constante umorale. Glucoza din sînge şi lichidele interstiţiale realizează legătura dintre rezervorul glucidic al organismului (ficatul) şi ţesuturile consumatoare de glucoză şi, ca urmare, nivelul glicemiei reflectă echilibrul dinamic dintre cantitatea de glucoză

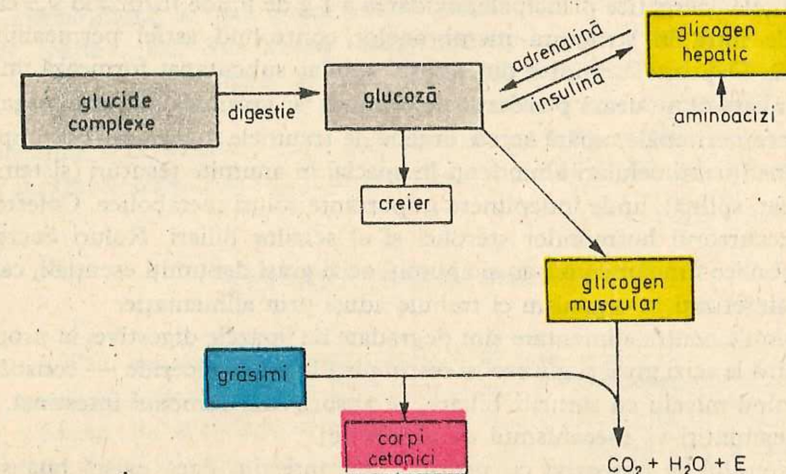


Fig. 90. Schema metabolismului glucidic.

eliberată de ficat în circulația sistemică și cantitatea utilizată de țesuturi pentru diferitele lor activități. Cu toate că, în condiții obișnuite, cei doi parametri prezintă variații neconcordante, glicemia se menține la nivel constant datorită unor mecanisme complexe de reglare. Variațiile glicemiei într-un sens sau în altul stimulează chemoreceptorii specifici din sistemul vascular, care transmit impulsuri ascendente la centrii glicoreglării, în special la cei hipotalamici. Acești centri sînt influențați și direct de concentrația glucozei din sîngele care îi irigă, deoarece au celule cu proprietăți de chemoreceptori. Centrii hipotalamici ai glicoreglării prelucrează informațiile primite reflex sau direct și declanșează consecutiv modificări ale activității vegetative și endocrine, care readuc la normal nivelul modificat al glicemiei. Mecanismele vegetative și endocrine acționează predominant asupra ficatului, dar și asupra celorlalte țesuturi, modificînd adecvat raportul dintre procesele metabolismului intermediar glucidic menționate înainte. Dar ficatul are și o acțiune homeostazică proprie, putînd să-și modifice adecvat debitul glucozat în funcție de nivelul glicemiei. Deoarece nivelul glicemiei poate fi dereglat fie în sensul creșterii fie al scăderii ei, organismul posedă mecanisme de reglare care intervin prompt atît într-un caz cît și în celălalt.

— Reamintiți-vă rolul hormonilor pancreatici în aceste mecanisme!

METABOLISMUL INTERMEDIAR AL LIPIDELOR

Lipidele constituie o clasă heterogenă de substanțe insolubile în apă, dar solubile în solvenți organici (alcool, benzen, cloroform, eter etc.). Din punct de vedere chimic, lipidele sînt esteri ai alcoolilor cu acizi grași cu lanț lung de C.

Lipidele îndeplinesc roluri importante în organism. Trigliceridele sînt substanțele energetice principale, oxidarea a 1 g de lipide furnizînd 9,3 calorii. Lipidele intră în structura membranelor, controlînd astfel permeabilitatea acestora. Depozitele lipidice din țesutul celular subcutanat formează un strat izolator care diminuează pierderile de căldură, iar grăsimea din jurul organelor (grăsimea perirenală) apără aceste organe de traumele mecanice. Fosfolipidele sînt constituenți celulari abundenți în special în anumite țesuturi (sistem nervos, ficat, splină), unde îndeplinesc importante roluri metabolice. Colesterolul este precursorul hormonilor sterolici și al acizilor biliari. Roluri energetice și metabolice fundamentale au și anumiți acizi grași denumiți esențiali, care nu pot fi sintetizați în organism ci trebuie aduși prin alimentație.

Grăsimile neutre alimentare sînt degradate de lipazele digestive, în proporție de 50% pînă la acizi grași și glicerol și restul pînă la monogliceride — constituenți care, formînd micelii cu sărurile biliare, se absorb din lumenul intestinal.

— Reamintiți-vă mecanismul de absorbție!

Colesterolul se absoarbe cu ușurință din intestin, dacă există bilă și suc pancreatic, necesari pentru emulsionarea și solubilizarea sa. În celulele intestinale majoritatea colesterolului resorbit intră în constituția chilomicronilor, ajungînd în circulația sistemică pe cale limfatică.

Trigliceridele, fosfolipidele și colesterolul se află în sîngele circulației sistemice sub formă de lipoproteine. În plasmă se mai află în tranzit și mici cantități de acizi grași liberi proveniți din liza grăsimilor neutre de depozit sau eliberați de ficat.

Grăsimile neutre plasmatice se află într-un echilibru dinamic cu cele tisulare și în special cu cele din depozitele adipoase, care nu sînt inerte, așa cum s-a crezut, ci sînt degradate și resintetizate permanent, în funcție de necesitățile organismului.

Degradarea trigliceridelor din țesutul adipos are loc sub acțiunea unei lipaze, stimulată de adrenalină, glucagon și alți hormoni și este urmată de eliberarea în circulație de acizi grași liberi și glicerol.

Glicerolul, după transformare în alfa-glicerolfosfat, intră în lanțul de reacții al căii glicolitice. Acizii grași liberi sînt extrași din plasmă de diferite celule și degradați oxidativ, sub influența unor enzime mitocondriale, pînă la CO_2, H_2O și energie. Energia eliberată prin oxidarea unui acid gras depinde de lungimea lanțului de C al moleculei acestuia.

Acizii grași sînt degradați total în proporție de aproximativ 50% în ficat și restul în alte țesuturi. Ficatul mai poate metaboliza acizi grași și pe calea sintezei de corpi cetonici. Corpii cetonici nu pot fi metabolizați de către ficat și de aceea sînt descărcați în circulația sistemică, de unde sînt extrași de diferite celule și utilizați ca material energetic. Ficatul mai utilizează acizii grași liberi din sînge și pentru a forma trigliceride și fosfolipide.

Sinteza acizilor grași se poate realiza în mai multe țesuturi, mai importante fiind ficatul și țesutul adipos. Sinteza se efectuează la nivel mitocondrial, parcurgînd în sens invers etapele degradării.

Colesterolul are proveniență exogenă (alimentară) și endogenă (metabolică). Colesterolul resorbit din intestin și încorporat în chilomicroni ajunge la ficat. Ficatul sintetizează din colesterol acizi biliari, pe care îi elimină prin bilă în intestin; de asemenea, ficatul elimină o anumită cotă de colesterol prin bilă sub formă liberă, iar restul este utilizat pentru formarea lipoproteinelor cu densitate foarte mică. Sub forma diferitelor tipuri de lipoproteine, colesterolul este descărcat în circulație, de unde este extras și utilizat de diferite celule.

Reglarea metabolismului lipidic este dependentă de sistemul nervos central (hipotalamus) și mai ales de anumite glande endocrine: pancreasul endocrin, hipofiza anterioară, tiroida și glandele sexuale.

METABOLISMUL ENERGETIC

Prin metabolism energetic se înțelege generarea și utilizarea energiei necesare desfășurării activității diferitelor organe și sisteme, energie care provine din oxidarea intracelulară a substanțelor energetice (glucide, lipide și uneori chiar protide). Energia rezultată din aceste procese este înmagazinată sub forma legăturilor fosfat macroergice ale unor constituenți celulari (ATP, CF etc.) și va fi eliberată treptat, manifestîndu-se ca energie mecanică (contracție musculară), energie electrică (transmitere nervoasă), calorică etc.

Cantitatea de energie eliberată în organism prin aceste procese catabolice este egală cu cea eliberată prin arderea acestor substanțe în bomba calorimetrică și, deoarece prin arderea diferitelor substanțe în afara organismului toată energia eliberată apare sub formă de căldură, metabolismul energetic al organismului se exprimă în calorii. Determinarea cantității totale de căldură eliberată de organism într-o anumită perioadă de timp permite aprecierea cantitativă a energiei consumată în acea perioadă, dacă nu se ține seama de energia necesară diferitelor reacții care se desfășoară concomitent. Determinarea cantității de căldură produsă de organism se poate face prin metode directe și indirecte.

Calorimetria directă constă în măsurarea căldurii produsă de organism în camere speciale închise denumite *calorimetre*. Această metodă necesită deci o aparatură complicată și costisitoare și de aceea a fost abandonată.

Calorimetria indirectă constă în determinarea, pe o anumită perioadă de timp, a consumului de O_2 și a eliminărilor de CO_2, valori care permit calcularea producerii de energie deci, intensitatea metabolismului. Consumul de O_2 este proporțional cu energia eliberată, unui litru de O_2 consumat îi corespund 4,82 Kcal (echivalentul caloric). Dar energia eliberată pe mol de O_2 consumat variază cu tipul de substanțe energetice oxidate, datorită proporției diferite de C, O_2 și H. Prin determinarea coeficientului respirator (CR), adică a raportului dintre CO_2 eliberat și O_2 consumat, se poate ști ce substanțe energetice au fost oxidate de organism sau de anumite organe, deoarece CR este 1 cînd se oxidează exclusiv glucide, 0,7 cînd se ard lipide și 0,8 cînd se catabolizează proteine.

Cantitatea de căldură degajată de organism este cu atît mai mare cu cît activitatea este mai intensă. Cheltuielile energetice ale organismului pot fi împărțite în două mari grupe, și anume: cheltuielile minime în condiții de repaus, necesare întreținerii funcțiilor vitale ale organismului — *metabolismul bazal* — și cheltuielile energetice în condiții de activitate a organismului și care depind de tipul activității prestate (activitatea musculară mărește mult consumul energetic, în timp ce activitatea psihică are efecte reduse, producînd creșteri doar de 3%).

Determinarea metabolismului bazal se face în condiții de repaus fizic și psihic, alimentar, la temperatură de confort, prin metoda calorimetrică indirectă, pe o anumita perioadă de timp (5—10 min.), măsurînd consumul de O_2 inspirat dintr-un *spirometru*. Cunoscînd cantitatea de O_2 consumată pe unitatea de timp (exprimată în cm^3) și înmulțind-o cu echivalentul caloric al O_2 (4,82 Kcal/l O_2), se află energia calorică eliberată pe unitatea de timp de către organismul în repaus, în stare de veghe. Exprimarea metabolismului bazal se face pe m^2 de suprafață corporală și pe oră, după formula:

$$M.B. = \frac{\text{număr total calorii}}{\text{supr. corp. } (m^2)}$$

Valoarea obținută este comparată cu valorile standard ale M.B. și se exprimă procentual față de acestea. Deviațiile M.B. cuprinse între +15 și −5% față de valorile standard sînt considerate în limite normale.

Valorile metabolismului sînt influențate de o serie de factori fiziologici (vîrstă, sex, starea de activitate, ingestie de alimente, temperatură etc.), dar și de o serie de stări patologice și în special de disfuncțiile unor glande endocrine, hiperfuncțiile hipofizei, medulosuprarenalei și, în special ale tiroidei, determinînd creșteri în timp ce hipofuncțiile tiroidiene și anumite boli produc scăderi ale acestuia.

Pentru menținerea organismului în stare de echilibru metabolic este necesar ca alimentația să aducă zilnic cantitatea de calorii echivalentă cu consumul energetic. Dacă alimentația realizează un aport caloric inferior consumului energetic, bilanțul energetic al organismului devine negativ și se utilizează substanțele de rezervă (glicogen, lipide) și chiar proteine structurale, iar cînd aportul caloric alimentar depășește necesitățile energetice, plusul se depune sub formă de rezerve lipidice.

În alcătuirea rației alimentare trebuie să se țină seama nu numai de numărul de calorii ale fiecărui aliment, ci și de echilibrul dintre diferitele grupe de alimente. O rație alimentară echilibrată trebuie să conțină glucide, lipide proteine, precum și săruri minerale, vitamine și apă în cantități adecvate vîrstei și activității desfășurate.

TEME

— Precizați consecințele decalajului dintre aportul caloric realizat prin alimentație și consumul energetic.

TERMOREGLAREA

Temperatura corpului omenesc este menținută constantă, cu mici variații, independent de modificările temperaturii mediului.

Menținerea unui nivel termic constant — condiție esențială a metabolismului la animalele homeoterme — se realizează cu ajutorul unui mecanism de termoreglare, extrem de complex, care menține permanent echilibrul dinamic între producerea și pierderea de căldură din organism. Producerea de căldură — *termogeneza* — este rezultatul reacțiilor metabolice energogenetice care se desfășoară neîncetat în toate celulele organismului. Sursa cea mai importantă de căldură este activitatea țesutului muscular striat. Cînd temperatura scăzută a mediului înconjurător tinde să diminueze temperatura corpului, crește tonusul muscular, iar cînd temperatura sîngelui a scăzut cu mai mult de 0°8C, apare frisonul, caracterizat prin contracții involuntare ale musculaturii striate, care determină o creștere considerabilă a termogenezei.

Pierderea de căldură — *termoliza* — este rezultatul unor procese fizice (radiația, conducția, convecția și evaporarea apei), a căror intensitate este

reglată, în mare măsură, prin mecanisme fiziologice. Termoliza se realizează predominant la nivelul tegumentelor, pe această cale pierzîndu-se 85% din căldura organismului şi accesoriu pe calea mucoaselor respiratorii şi prin eliminările de urină şi fecale.

Menţinerea constantă a temperaturii corpului, în ciuda variaţiilor termice exogene şi a diferitelor activităţi ale organismului, implică intervenţia adecvată a unor modificări funcţionale complexe (metabolice, circulatorii, musculare, hidroelectrolitice, endocrine etc.), controlate de centrii hipotalamici.

Cercetările experimentale au precizat existenţa în hipotalamus a doi centri ai termoreglării, aflaţi în interrelaţie, unul controlînd termoliza şi celălalt termogeneza. În hipotalamusul anterior există un centru nervos parasimpatic a cărui excitare, de către impulsurile sosite de la termoreceptorii pentru cald, mobilizează, în momentul în care organismul tinde să se supraîncălzească, mecanismele de termoliză (intensificarea transpiraţiei, reducerea ratei metabolismului, vasodilataţia periferică etc.). Lezarea experimentală a acestui centru provoacă hipertermie şi incapacitatea organismului de a-şi regla temperatura în mediul cald.

În partea posterioară a hipotalamusului există un centru cu acţiune identică cu cea a simpaticului şi care, excitat de impulsurile sosite de la termoreceptorii pentru rece, mobilizează în momentul cînd temperatura organismului tinde să scadă, mecanismele termogenetice (frisonul, vasoconstricţia periferică, intensificarea ratei metabolismului celular etc.) şi a cărui distrugere determină pierderea capacităţii de adaptare la frig.

Centrii hipotalamici ai termoreglării posedă strînse conexiuni funcţionale cu centrii foamei şi ai saţietăţii, ceea ce explică faptul că, scăderea temperaturii sîngelui intracranian excită centrul foamei (inhibînd centrul saţietăţii), în timp ce creşterea temperaturii sîngelui excită centrul saţietăţii (inhibă centrul foamei) şi face ca alimentarea să participe la termoreglare (foame la frig, anorexie la cald). Centrii hipotalamici au, de asemenea, strînse conexiuni cu centrii respiratori, secretori, salivari etc., ceea ce explică modificările respiraţiei şi salivaţiei din cursul termoreglării.

REPRODUCEREA

Reproducerea este o caracteristică fundamentală a oricărei fiinţe şi se realizează prin participarea a două organisme de sex diferit. Ea este rezultatul fecundării gametului feminin (ovul) de către gametul masculin (spermatozoid). Oul rezultat se grefează în cavitatea uterină, unde continuă să crească şi să se dezvolte, pînă ce fătul devenit viabil este expulzat din uter prin actul naşterii.

Diferenţierea sexuală este prezentă încă din momentul formării oului, dar diferenţierea intersexuală somatopsihică are loc lent în timpul copilăriei şi se realizează plenar după pubertate, ca urmare a activităţii gonadelor. În copilărie, hormonii sexuali secretaţi în cantităţi reduse contribuie, împreună cu ceilalţi hormoni, la creşterea şi dezvoltarea armonioasă a organismului, iar după pubertate, aceşti hormoni secretaţi în cantităţi crescute, la femei cu anumite caracteristici ciclice, întreţin funcţia sexuală.

Organizarea morfofuncţională a sistemului reproducător la ambele sexe este extrem de complexă, gonadele avînd atît funcţia de a produce gameţi (ovule sau spermatozoizi), cît şi pe cea de a secreta hormonii sexuali, care, prin diferitele lor activităţi asupra organelor genitale şi asupra întregului organism, asigură condiţii optime pentru reproducere.

Structura aparatului genital masculin (fig. 91). Aparatul genital masculin este constituit din testicule, căi excretoare, glande anexe şi organul copulator (penisul).

Testiculul, organ pereche cu funcţie exocrină şi endocrină, se dezvoltă în regiunea lombară a cavităţii abdominale şi din a 3-a lună a vieţii intrauterine începe să coboare, străbate peretele anterior al abdomenului în regiunea inguinală şi la naştere ajunge în scrot.

Testiculul (fig. 92) este învelit într-o membrană fibroasă, *albugineea*. La partea superioară a testiculului albugineea prezintă o condensare ca un con fibros, denumită mediastinul testiculului, străbătută de canalele excretoare, vasele şi nervii testiculari. Din această îngroşare pornesc spre interior septuri conjunctive care împart testiculul în 200—300 lobuli, de formă piramidală, cu baza spre albuginee şi vîrful spre mediastin (v. fig. 92). Fiecare lobul testicular conţine 1—4 tubi seminiferi contorţi, în interiorul cărora se formează gameţii masculini (spermatozoizii). Tubii sînt separaţi între ei prin ţesut conjunctiv interstiţial, în care se găsesc vase şi nervi, precum şi celulele

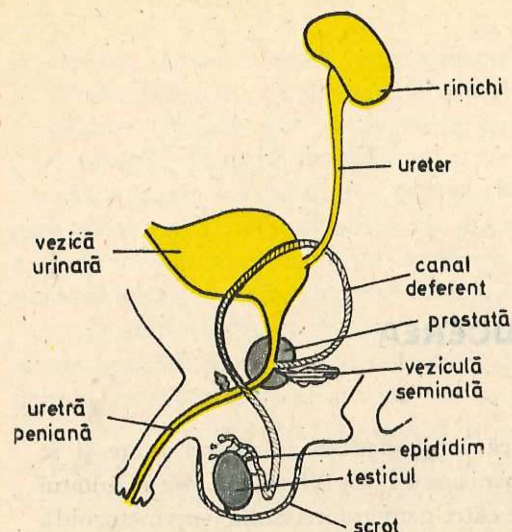


Fig. 91. Aparatul genital masculin.

interstițiale Leydig, care secretă hormonii androgeni. La examenul microscopic, tubii seminiferi contorți prezintă la exterior o membrană bazală pe care sînt dispuse mai multe straturi de celule producătoare de spermatozoizi (celulele seminale), printre care se găsesc celule alungite, de susținere. Toți tubii unui lobul se unesc spre mediastinul testiculului într-un colector comun (tubul drept). Tubii drepți se deschid într-o rețea de canale neregulate și apoi se colectează în 10—12 canale eferente care se îndreaptă spre *epididim*. Acesta este situat la partea superioară și posterioară a testiculului și are o formă de virgulă. Canalul epididimar rezultă prin unirea canalelor eferente și se continuă cu *canalul deferent*, care urcă în abdomen. Acesta se continuă cu *canalul ejaculator* și, după ce se unește cu canalul de excreție al veziculei seminale, străbate prostata și se deschide în uretră. Veziculele seminale au rolul de a secreta un lichid care se elimină în canalul ejaculator, servind ca vehicul și ca mediu nutritiv pentru spermatozoizi.

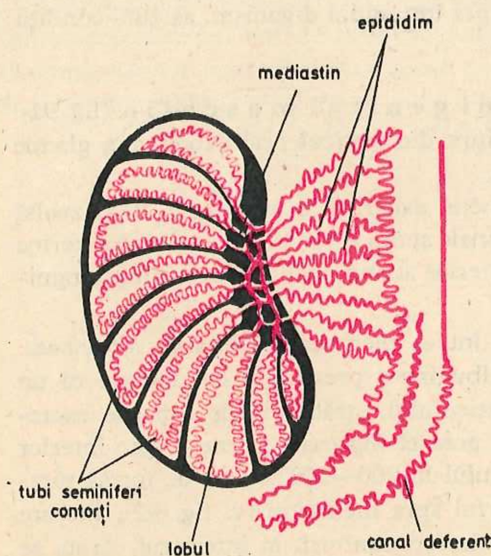


Fig. 92. Secțiune prin testicul

Prostata, o glandă voluminoasă tubuloacinoasă unică, situată în pelvis sub vezica urinară, înconjură porțiunea inițială a uretrei. Prostata secretă un lichid care intră în constituția spermei. *Penisul* este constituit din doi corpi cavernoși și corpul spongios, care înconjură complet uretra.

Funcțiile testiculare. Gonada masculină — testiculul — are funcția de a produce spermatozoizi — spermatogeneza — și de a secreta hormonii androgeni, ambele funcții fiind controlate de către hormonii gonadotropi ai hipofizei anterioare.

A. Spermatogeneza (fig. 93) este rezultatul unor procese complexe de diviziune și maturare a celulelor germinale primitive — *spermatogonii* — care se găsesc pe membrana bazală a tubilor seminiferi. Procesul începe la pubertate și continuă apoi neîntrerupt tot timpul vieții, diminuînd progresiv la bătrînețe. Spermatogoniile se divid de mai multe ori prin mitoză, rezultînd *spermatocite de ordinul I*, care conțin un număr complet (diploid) de cromozomi (la om 44 cromozomi somatici și 2 cromozomi sexuali — x sau y). După ce cresc, spermatocitele primare se divid meiotic, formînd *spermatocite de ordinul II* — care au jumătate din numărul de cromozomi. Spermatocitele II se divid rapid mitotic rezultînd *spermatidele* care au tot numărul jumătate de cromozomi și acestea se transformă direct, fără diviziuni, în spermatozoizi.

Spermatozoidul — gametul masculin — determină sexul produsului de concepție. Este o celulă cu lungimea de 50—70 μ, constituită din cap, piesă intermediară și flagel. Capul spermatozoidului conține nucleul, a cărui croma-

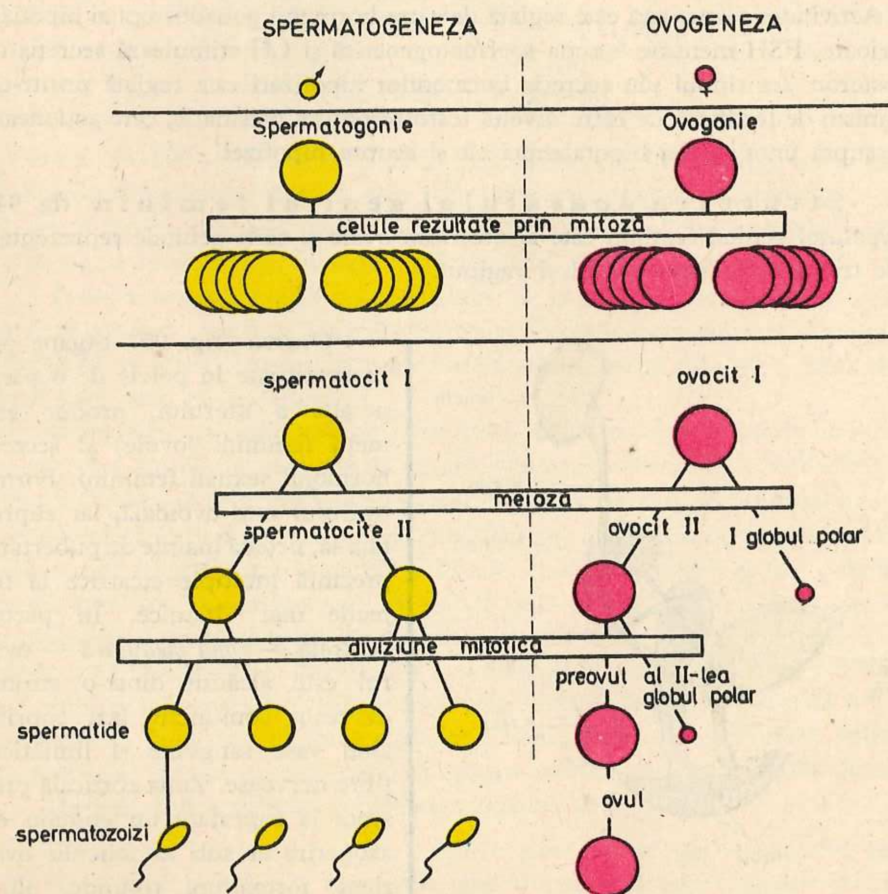


Fig. 93. Spermatogeneza și ovogeneza.

tină are drept componenți principali acidul dezoxiribonucleic — substratul biochimic al materialului ereditar. La partea anterioară prezintă un corpuscul ascuțit — *acrozomul* —, care conține o enzimă ce facilitează pătrunderea spermatozoidului în ovul în timpul fecundației. Piesa intermediară conține o mare cantitate de glicogen, necesar ca material energetic pentru mișcările spermatozoidului. Coada, prin mișcări helicoidale, asigură mobilitatea spermatozoidului.

B. Secreția de hormoni androgeni se datorează celulelor interstițiale testiculare. Principalul hormon androgen este *testosteronul*, sintetizat din colesterol, din care se sintetizează și alți hormoni (corticosuprarenalieni și ovarieni). Dealtfel și celulele corticosuprarenalei secretă cantități reduse de testosteron, atît la bărbați cît și la femei.

Hormonii androgeni stimulează creșterea și dezvoltarea organelor genitale masculine și mențin troficitatea epiteliului spermatogenic, asigură dezvoltarea și menținerea caracterelor sexuale secundare (anumite particularități somatice, vocea, pilozitatea, dezvoltarea musculaturii și a scheletului, distribuția grăsimii de rezervă etc.) și au un efect anabolic puternic asupra metabolismului protidic.

Activitatea testiculară este reglată de către hormonii gonadotropi ai hipofizei anterioare, FSH menține funcția spermatogenetică și LH stimulează secreția de testosteron. La rîndul său secreția hormonilor hipofizari este reglată printr-un mecanism de feedback de către nivelul testosteronului plasmatic, care acționează atît asupra unor nuclei hipotalamici cît și asupra hipofizei.

Structura aparatului genital feminin (fig. 94). Aparatul genital feminin este alcătuit din ovare și căile genitale reprezentate de trompele uterine, uterul și vaginul.

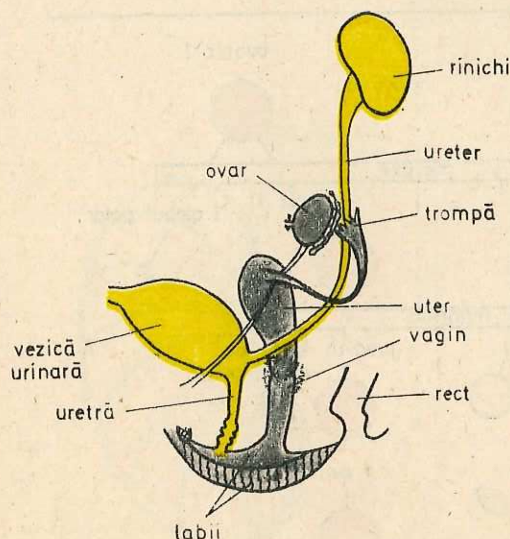


Fig. 94. Aparatul genital feminin.

Ovarele (fig. 95), organe pereche situate în pelvis de o parte și alta a uterului, produc gameții feminini (ovule) și secretă hormonii sexuali feminini. Forma ovarului este ovoidală, iar suprafața sa, netedă înainte de pubertate, prezintă multiple cicatrice la femeile mai vîrstnice. În partea centrală — *zona medulară* — ovarul este alcătuit dintr-o stromă de țesut conjunctiv lax, cuprinzînd vase sangvine și limfatice, fibre nervoase. Zona corticală prezintă la suprafață un epiteliu de acoperire și sub el foliculii ovarieni, formațiuni rotunde, pline sau cavitare, după stadiul evolutiv. La naștere există în ambele

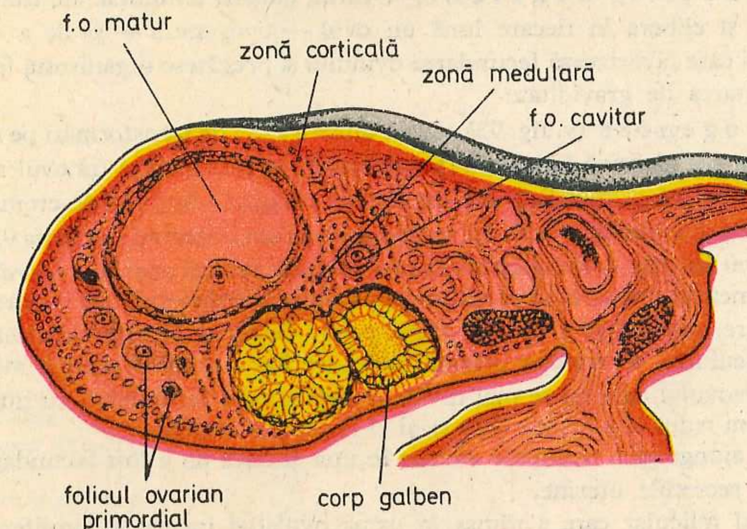


Fig. 95. Structura ovarului

ovare 400 000—500 000 foliculi ovarieni primordiali. Cea mai mare parte a acestor foliculi degenerează, doar 300—400 se vor matura în perioada de fertilitate a femeii, formînd gameții feminini (ovulele). Foliculii ovarieni se găsesc în stadii succesive de evoluție: primordiali, plini, cavitari și maturi.

Trompa uterină, organ pereche situat de o parte și de cealaltă a uterului, este un conduct care face legătura între ovar și uter. Extremitatea dinspre ovar are formă de pîlnie și prezintă numeroase franjuri, avînd rolul de a capta și conduce spre uter ovulul expulzat.

Uterul este un organ cavitar nepereche, situat median în pelvis între vezică și rect. Are formă de pară turtită antero-posterior, orientată cu vîrful în jos iar pe extremitatea sa inferioară (colul uterin) se inseră vaginul. În perioada de fertilitate a femeii mucoasa uterină suferă, sub influența hormonilor ovarieni, modificări ciclice care se desfășoară în cursul a 28 zile (ciclul menstrual) și trec prin următoarele trei faze: *faza menstruală*, cu durata de 2—3 zile, în care stratul superficial al mucoasei uterine distruse se elimină în vagin, împreună cu o anumită hemoragie, *faza proliferativă*, între a 4-a și a 14-a zi, caracterizată prin proliferarea și îngroșarea mucoasei, și *faza secretorie* care durează de la a 15-a zi pînă la o nouă menstruație, în cazul cînd nu a avut loc fecundarea ovulului. Aceste modificări ale mucoasei uterine creează condiții optime pentru grefarea ovulului fecundat.

Vaginul, organ tubular și cavitar, continuă colul uterin.

Glandele mamare sînt organe anexe ale aparatului genital feminin a căror dezvoltare constituie unul dintre caracterele sexuale secundare ale femeii. Glanda mamară, de tip tubuloacinos, este alcătuită din lobi care se deschid, prin canalele galactofore, la nivelul mamelonului.

F u n c ț i i l e o v a r i e n e. Ovarul, gonada feminină, are funcția de a forma și elibera în fiecare lună un ovul — ovogeneza — și de a secreta hormonii care favorizează fecundarea ovulului și pregătesc organismul feminin pentru starea de graviditate.

A. O v o g e n e z a (v. fig. 93) constă dintr-o serie de transformări pe care le suferă celula germinativă foliculară (primordială) pînă la stadiul de ovul matur. Celula germinativă primordială are un număr complet (diploid) de cromozomi (44 somatici și doi sexuali — xx). Ea se divide, așa cum observați în figura 93, formînd *ovogonii* iar prin diviziunea mitotică a acestora rezultă *ovocitele de ordinul I.*

În momentul ovulației se produce prima diviziune meiotică din care rezultă: o celulă mare, *ovocitul II* și *primul globul polar.* Ovocitul II este expulzat, prin ruperea foliculului, în trompa uterină unde are loc a doua diviziune mitotică rezultînd preovulul care nu se mai divide și devine *ovul* fecundabil, cu numărul de cromozomi redus la jumătate (22+x), și al II-lea globul polar.

Ovulul ajunge prin trompele uterine în uter și, dacă nu a fost fecundat, este eliminat cu secrețiile uterine.

Epiteliul folicular care a rămas în urma ovulației începe să prolifereze și formează *corpul galben* care secretă atît progesteron cît și estrogeni. Dacă ovulul nu este fecundat, corpul galben, aproximativ a 24-a zi a ciclului, începe să degenereze, se cicatrizează. Dacă ovulul a fost fecundat, corpul galben persistă, are o activitate endocrină intensă în primul trimestru al sarcinii.

B. S e c r e ț i a d e h o r m o n i o v a r i e n i constă din estrogeni și progesteron. Hormonii estrogeni sînt sintetizați de celulele foliculare în timpul maturării foliculului, de celulele corpului galben, în timpul sarcinii de placentă, iar în cantități mai mici de către corticosuprarenale și testiculi. Estrogenii acționează în primul rînd asupra organelor genitale feminine, stimulînd proliferarea mucoasei și a musculaturii uterine, dezvoltarea glandelor mamare și a caracterelor secundare feminine. Progesteronul este secretat de către celulele corpului galben, de corticosuprarenale și în timpul sarcinii de către placentă. Acțiunile sale constau în modificarea secretorie a mucoasei uterine.

Secreția hormonală ovariană este controlată de către hormonii gonadotropi hipofizari. FSH controlează maturația foliculară și respectiv secreția de estrogeni ovarieni, iar LH provoacă ovulația și controlează activitatea corpului galben și secreția de progesteron. Secreția hormonilor gonadotropi hipofizari (FSH și LH) este controlată de hipotalamus prin intermediul unor neurosecreții care ajung la hipofiza anterioară pe calea sistemului port-hipofizar, descris de G r. T. P o p a și F i e l d i n g. Secreția hipotalamică este controlată printr-un mecanism de feedback negativ de către concentrația sangvină a hormonilor ovarieni (estrogenii și progesteronul).

CUPRINS

Nr. colilor de tipar : 12
Bun de tipar : 13.III.1987



Com. nr. 70 037/33 137
Combinatul poligrafic
„CASA SCÎNTEII"
București — R.S.R.